


К.Б. Алдамжаров, А.К. Молдабеков, Д.С. Ким , Қ.М. Жанділдинова, Г.Б. Балыкова
Академия гражданской авиации, Алматы, Казахстан
E-mail: dmitriy.kim@ukr.net

ПРОЕКТ ФЕРМЕННОЙ КОНСТРУКЦИИ САМОЛЕТА «АРАЙ» С ПОСАДОЧНЫМ ГАКОМ ДЛЯ ТРЕНИРОВКИ ТОРМОЖЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ АЭРОФИНИШЕРА

Аннотация. В 30-е года XX века в СССР совместными усилиями ВЛКСМ и Осоавиахима стали открываться аэроклубы, изначально служившие промежуточным фильтром для предварительного отбора кандидатов в пилоты ВВС и воздушного гражданского флота по психофизическим показателям и для их минимально необходимой летной подготовки, которая позволяла повысить эффективность образовательных программ авиационных учебных заведений. Советские аэроклубы, помимо самолетной, также включали авиамodelьную и планерную секции, где осуществлялась теоретическая подготовка будущих летчиков, касающаяся конструкции и устройства летательных аппаратов, и прививались навыки планирования, которые впоследствии пригождались при пилотировании воздушного судна. Зародившаяся в 30-е годы XX века система аэроклубов просуществовала в Казахстане вплоть до распада СССР, после чего дорогостоящую первоначальную летную подготовку стало возможно пройти исключительно в коммерческих авиационных учебных центрах, а высшие учебные заведения гражданской и особенно государственной авиации перестали получать студентов и курсантов, знакомых с авиационной техникой и обладающих навыками пилотирования пилотажных самолетов. На сегодняшний день, в свете начала выпуска легких самолетов «Арай» в Республике Казахстан, появилась перспектива возрождения аэроклубов для подготовки пилотов-любителей и спортсменов, обученных не только базовой летной эксплуатации воздушных судов, но также обладающих мастерством высшего пилотажа и даже начальными навыками палубных летчиков, способных совершать точные приземления на взлетно-посадочные полосы авианосцев с укороченной посадочной дистанцией, чего не было в практике советских аэроклубов. В настоящей статье предложены необходимые изменения в конструкции самолета «Арай» для оборудования его посадочным гаком с целью тренировки торможения при помощи аэрофинишера.

Ключевые слова. Фюзеляж, ферменная конструкция, посадочный гак, посадочная дистанция, посадочный трос, аэрофинишер, взлетно-посадочная полоса, аэродром, самолет «Арай», Республика Казахстан.

Введение.

Авиационные инженеры в Республике Казахстан, в 2014 году создавшие собственный самолет, во избежание значительных затрат на научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы, направленные на «изобретение велосипеда», решили положить в основу национального проекта уже имеющуюся модель воздушного судна CN801 [1], весьма распространенную в Канаде и Северной Америке, однако ее усовершенствованная казахстанская модификация «Арай» существенно отличается от прототипа увеличенной прочностью, максимальным взлетным весом (до 1136 кг) и полезной нагрузкой (до 590 кг). Это позволяет повысить безопасность и увеличить срок эксплуатации самолета казахстанского производства и использовать его не только для

летней подготовки пилотов, поддержания или повышения их профессионального уровня, но также для воздушного контроля линий электропередач и газонефтепроводов, противопожарного патрулирования лесов и степей, ихтиологического и зоологического мониторинга, применения в санитарной авиации и проведения аэровизуальных, авиационных и других авиационных работ.

При наличии передовых технологий создания авиационных двигателей также целесообразно проектировать и конструировать силовой агрегат собственного производства, поэтому для самолета «Арай» было выбрано готовое решение в виде поршневого оппозитного инжекторного мотора Textron Lycoming IO-375 B2B [2] мощностью 185 л.с., который, с одной стороны, работает на автомобильном бензине с октановым числом не ниже 95, что заведомо экономичнее авиационного керосина, а, с другой стороны, исключает обледенение в отличие от карбюраторных двигателей. Если в карбюратор, где происходит смешивание атмосферного воздуха с жидким топливом, засасывается переохлажденный воздух, в котором поток газа приобретает большую скорость и меньшее давление, то в результате существенного падения температуры может произойти полная блокировка топливных каналов по причине образования в них льда. Обледенение инжекторного Textron Lycoming IO-375 B2B конструктивно исключено.

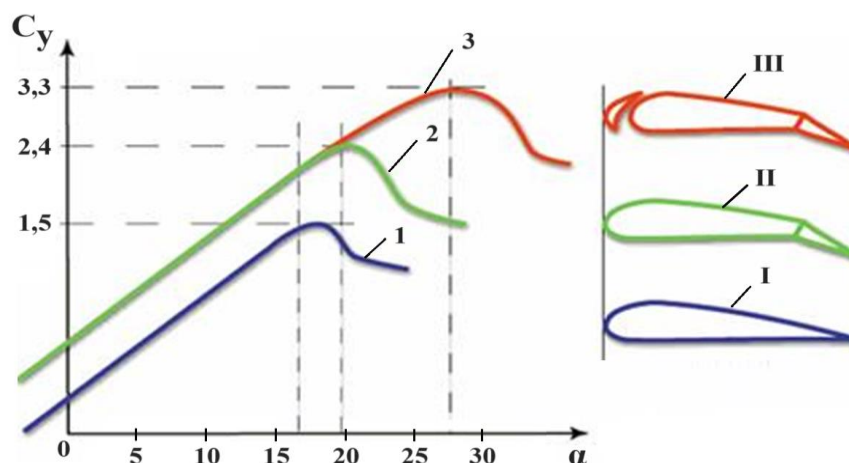
Однако различия между казахстанским продуктом и его прототипом не ограничиваются только взлетным весом, полетной загрузкой и выбором инжекторного авиационного двигателя вместо карбюраторного, поскольку идея реинжиниринга самолета СН801 в «Арай» заключалась в обеспечении:

- короткого взлета по крутой траектории за счет высоких коэффициентов подъемной силы на больших углах атаки;
- безопасной посадки на неподготовленной поверхности благодаря более мощному шасси с большими колесами, цельной рессорой основных опор, оснащенных гидравлическими дисковыми тормозами, и носовой стойкой с резиновым амортизатором, управляемой педалями руля направления и минимизирующей опасность капотирования;
- повышенной маневренности при сильном боковом ветре на малых взлетных и посадочных скоростях и высотах со стационарными препятствиями.

Самолет «Арай» отличается конструкцией крыла, укрепленного двойными подкосами, имеющего хорду 1,6 м и высокий профиль, обеспечивающий повышенную прочность и компенсирующий сравнительно малую длину, аэродинамическая величина которой увеличена на 0,2 м с помощью законцовок Хорнера [3], снижающих вибрацию на крыле. За счет этого возрастает рабочая подъемная площадь крыла «Арай», которое, помимо закрылков, также оснащено предкрылками, что затягивает срыв потока воздуха до угла атаки 30° и удваивает коэффициент подъемной силы по сравнению с прототипом СН801.

Изменение соотношения коэффициента подъемной силы (C_y) к углу атаки (α) при выпуске закрылков, предкрылков и при использовании плоского крыла проиллюстрировано на рисунке 1.

Из рисунка 1 видно, что при выпуске щелевых предкрылков обеспечивается более длительная прямая пропорциональная зависимость между коэффициентом подъемной силы и углом атаки при крутом взлете за счет усиливаемой по закону Бернулли [4] скорости ламинарного потока воздуха, направляемого на верхнюю поверхность крыла и поддерживающегося на ней благодаря эффекту Вентури [5]. В то же время, в крейсерском полете предкрылки и закрылки не служат причиной увеличения аэродинамического сопротивления.



1 – зависимость C_y от α при использовании плоского крыла I; 2 – зависимость C_y от α при использовании крыла с выпущенными закрылками II; 3 – зависимость C_y от α при использовании крыла с выпущенными закрылками и предкрылками III

Рисунок 1 – Зависимость коэффициента подъемной силы (C_y) от угла атаки (α) при различных профилях крыла

Для высокой маневренности и управляемости самолета на малых скоростях использованы флапероны, отклоняемые в широком диапазоне от -50° до $+13^\circ$ [6], что вкупе с их общей площадью $2,5 \text{ м}^2$ и расположением вне аэродинамической тени крыла обеспечивает эффективное управление в сложных пространственных положениях. Цельноповоротное вертикальное оперение, ламинарно обтекаемое потоком воздуха, дополнительно улучшает управляемость самолета на малой скорости при сильном боковом ветре. Руль высоты с нормальным и стабилизатор с обратным аэродинамическим профилем, составляющие горизонтальное оперение, обеспечивают безопасное пилотирование при больших углах атаки на малой скорости (выше 55 км/ч). Кроме того, обратный аэродинамический профиль стабилизатора хвостового оперения способствует уменьшению давления на переднюю опору шасси при пробеге и сокращению износа ее колеса. Руль высоты дополнительно оснащен генераторами микровихрей, которые задерживают срыв воздушного потока с его поверхности при крутом взлете на 10° .

Топливная система может включать от 2 до 4 баков (по 1 или по 2 в каждом полукрыле соответственно) вместимостью 56 л каждый. При расходе топлива 30 л в час его запас обеспечивает дальность полета от 600 до 1200 км .

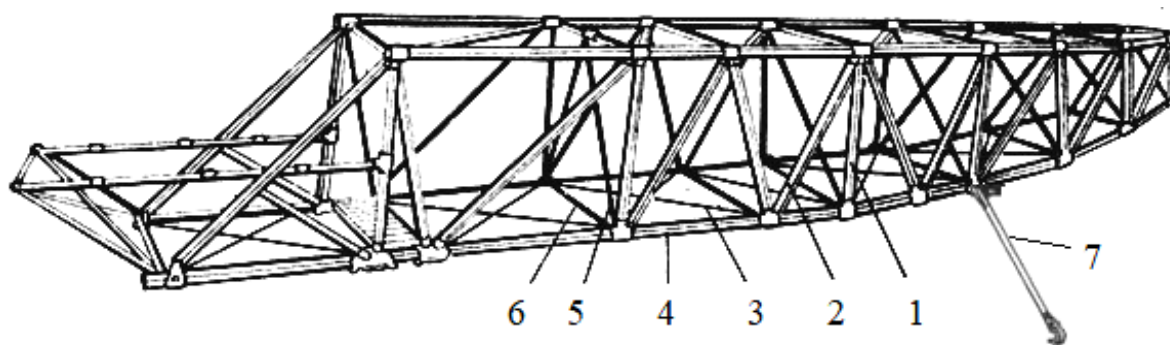
Технические характеристики планера и двигателя, эргономические показатели кабины и усиленная конструкция шасси позволяют расширить спектр применения самолета «Арай», который уже на данном этапе является воздушным судном многоцелевого использования. Так, для переоборудования «Арай» в пилотажный самолет и выполнения на нем аэробатических элементов достаточно установить двигатель другой модификации (например, Lycoming 540 или M-14П [7]). Однако упрочненный ферменный фюзеляж самолета предоставляет возможность его оборудования посадочным гаком для отработки навыка приземления воздушного судна на палубу авианосца, где необходимо сокращать посадочную дистанцию с помощью аэрофинишера. Начальное обучение палубных летчиков в советской системе аэроклубов ДОСААФ не производилось, а в Казахстане, несмотря на отсутствие палубной авиации, развитие навыков посадки воздушных судов на имитируемый борт авианосца может стать перспективным в свете членства в ОДКБ и военно-стратегического партнерства с морскими державами.

Фюзеляж самолета «Арай» (рисунок 2) ферменного типа, имеет квадратную форму, которая обеспечивает ему повышенную прочность на изгиб и кручение, курсовую устойчивость, сопротивление боковому скольжению и срыву в плоский штопор.



Рисунок 2 – Каркас фюзеляжа самолета «Арай»

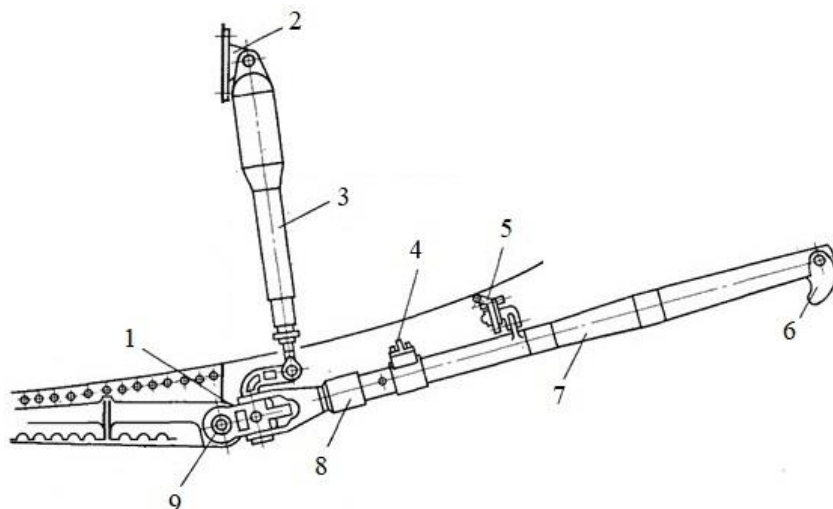
Для имитации приземления самолета «Арай» на палубу авианосца ферменную конструкцию его фюзеляжа необходимо дополнить посадочным гаком, как показано на рисунке 3.



1 – стойка, 2 – раскос, 3 – расчалка, 4 – лонжерон, 5 – диагональ, 6 – распорка, 7 – посадочный гак

Рисунок 3 – Элементы ферменной конструкции самолета «Арай» с посадочным гаком для тренировки торможения при помощи аэрофинишера

Более детально конструкция посадочного гака, зацепляемого крюком за посадочный трос аэрофинишера, представлена на рисунке 4.



1 – регулятор положения или стопорное устройство посадочного гака, 2 – крепление к фюзеляжу, 3 – гидроамортизатор, 4 – амортизатор, 5 – замок убранного положения, 6 – захват, 7 – штанга, 8 – боковой амортизатор, 9 – шарнирное соединение

Рисунок 4 – Конструкция посадочного гака для зацепления за трос аэрофинишера

Регулятор положения посадочного гака 1 предназначен для корректировки его выпуска в зависимости от угла снижения самолета по посадочной глиссаде. Для отработки аэрофинишной посадки без выравнивания при снижении с углом 4° допускается заменить регулятор 1 на стопорное устройство, фиксирующее и удерживающее металлическую штангу посадочного гака 7 только в одном положении относительно фюзеляжа. Крепление посадочного гака к фюзеляжу 2 осуществляется путем жесткого присоединения к усиленной распорке с помощью болтов со шплинтами и сварки по периметру крепежной планки. Гидроамортизатор 3 служит для снижения величины динамической нагрузки на распорку фюзеляжа и на крепление 2 в момент начала торможения самолета после зацепления захвата посадочного гака 6 за трос аэрофинишера, натянутый поперек взлетно-посадочной полосы на высоте 10–12 см от ее поверхности. Выпуск посадочного гака в рабочее положение производится путем открытия замка 5, после чего металлическая штанга 7 за счет шарнирного соединения 9 отклоняется от убранного положения и фиксируется с помощью регулятора или стопорного устройства 1. Пилот, выполняющий снижение по посадочной глиссаде, зацепляет посадочный гак захватом 6 за трос аэрофинишера, после чего система амортизаторов 4 и 8 демпфирует отклонения тормозного крюка.

Длина посадочного пробега самолета «Арай» составляет 100 м, а выполнение аэрофинишной посадки должно сократить ее до 60 м, что меньше длины разбега перед взлетом. Несмотря на наличие амортизаторов у посадочного гака и гидравлических тормозных барабанов в аэрофинишной конструкции, рассеивающих динамическую нагрузку, каждое приземление с их использованием повышает износ конструкции фюзеляжа самолета и угрожает образованием в ней повреждений в виде трещин, порывов, изгибов или остаточных деформаций, уменьшающих прочность и жесткость фермы и ее элементов. Поэтому при использовании самолета «Арай» для отработки аэрофинишной посадки необходимо изменение программы его технического обслуживания и ремонта в части интенсивности проведения и применяемых методов. Так, после каждой аэрофинишной посадки требуется неразрушающий контроль стальных элементов ферменной конструкции фюзеляжа в месте крепления посадочного гака, а также сопряжений несущей распорки со стойками, раскосами, расчалками, лонжеронами и

диагоналями. Наиболее подходящим методом неразрушающего контроля в данном случае является радиографический (рентгеновская или гамма-дефектоскопия), позволяющий выявить конструктивные повреждения фюзеляжа под неповрежденной обшивкой. Помимо неразрушающего контроля возможных дефектов ферменной конструкции также целесообразно использование толщинометрических средств, поскольку динамические нагрузки от аэрофинишного торможения способны создать удлинения элементов фюзеляжного каркаса и утонения их стенок. Однако, поскольку подобные повреждения не образуются отдельно от дефектов, выявляемых неразрушающими методами контроля, а толщинометрические исследования предполагают вскрытие обшивки фюзеляжа, интенсивность их проведения может быть меньшей и составлять 1 раз в 3 месяца или через определенное количество аэрофинишных посадок самолета.

Таким образом, оборудование самолета «Арай» подфюзеляжным крюком (посадочным гаком) будет иметь важное значение для первоначальной летной подготовки будущих пилотов палубной авиации, для которых одним из ключевых навыков является аэрофинишная посадка воздушного судна. Однако это потребует интенсификации и расширения методов технического обслуживания и ремонта учебно-тренировочного самолета для обеспечения и поддержания его летной годности.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Gudmundsson, S. Chapter 10 – The Anatomy of Lift Enhancement // General Aviation Aircraft Design (Second Edition): Applied Methods and Procedures. – 2022. – P. 415–479. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818465-3.00010-0>
- [2] Haryanto, E.I., Rabati, S., Al Asyari, M. Piston Pin Release Equipment Design on IO-470 Continental Motor and Lycoming O-360 Using Hydraulic Pump in STPI Aircraft Engineering Technique // Airman: Jurnal Teknik dan Keselamatan Transportasi. – Vol. 3. – No. 1 (2020). <https://doi.org/10.46509/ajtk.v3i1.157>
- [3] Govardhan, D., Narasimha Rao, M.V., Srinivasa Rao, P., Kumar, I., Nalli, N. Effect of winglet can't angle on the performance of an aircraft wing // Materialstoday: Proceedings. – 2023. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.06.408>
- [4] Lu, X., Zhang, W., Xu, I., Chen, Y. A lateral pressure prediction model for bottom-up pumping of SCC in large-diameter steel tubes based on Bernoulli's Principle // Case Studies in Construction Materials. – Vol. 19. – 2023. – P. 1–16. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2023.e02470>
- [5] Titheradge, P.J., Robergs, R. Venturi tube calibration for airflow and volume measurement // Flow Measurement and Instrumentation. – Vol. 60. – 2018. – P. 200–207. <https://doi.org/10.1016/j.flowmeasinst.2018.02.016>
- [6] Argiris, K. Aspects of analysis and simulation of a flaperon ditching scenario. AIAA AVIATION FORUM 2020-3217 (2020). <https://doi.org/10.2514/6.2020-3217>
- [7] Eastwood, M., Nurowski, P. Aerobatics of Flying Saucers. Commun. Math. Phys. 375, 2335–2365 (2020). <https://doi.org/10.1007/s00220-019-03621-2>

Қазбек Алдамжаров, т.ғ.д., профессор, Азаматтық авиация академиясы, Алматы, Қазақстан, kazbek_a47@mail.ru

Айдос Молдабеков, х.ғ.к., қауымдастырылғын профессоры, кандидаты, Азаматтық авиация академиясы, Алматы, Қазақстан, a.moldabekov@agakaz.kz

Дмитрий Ким, т.ғ.к., қауымдастырылғын профессоры, кандидаты, Азаматтық авиация академиясы, Алматы, Қазақстан, spartakuly@yandex.kz

Қарлығаш Жанділдинова, магистр, сеньор-лектор, Азаматтық авиация академиясы, Алматы, Қазақстан, k.zhandildinova@agakaz.com

Галия Балықова, магистрант, Азаматтық авиация академиясы, Алматы, Қазақстан,

АЭРОФИНИШЕРДІҢ КӨМЕГІМЕН ТЕЖЕУ ЖАТТЫҒУЛАРЫНА АРНАЛҒАН ҚОНУ ГАКЫ БАР "АРАЙ" ҰШАҒЫНЫҢ ФЕРМА ҚҰРЫЛЫМНЫҢ ЖОБАСЫ

Аңдатпа. XX ғасырдың 30-жылдарында КСРО-да БЛКЖО мен Осоавиахимнің бірлескен күш-жігерімен аэроклубтар ашыла бастады, олар бастапқыда әуе күштері мен әуе азаматтық флотының ұшқыштарына кандидаттарды психофизикалық көрсеткіштер бойынша алдын-ала іріктеу үшін және олардың ең аз қажетті ұшу дайындығы үшін аралық сүзгі қызметін атқарды, бұл авиациялық оқу орындарының білім беру бағдарламаларының тиімділігін арттыруға мүмкіндік берді. Кеңестік аэроклубтар, ұшақтан басқа, болашақ ұшқыштарды теориялық даярлау, ұшу аппараттарының құрылымдары мен құрылғылары жүзеге асырылатын авиамодельді және планерлік секцияларды да қамтыды және кейіннен Әуе кемесін пилоттау кезінде пайдалы болатын жоспарлау дағдыларын сіңірді. XX ғасырдың 30-шы жылдарында пайда болған аэроклубтар жүйесі Қазақстанда КСРО ыдырағанға дейін өмір сүрді, содан кейін қымбат бастапқы ұшу дайындығын тек коммерциялық авиациялық оқу орталықтарынан өтуге болады, ал азаматтық және әсіресе мемлекеттік авиацияның жоғары оқу орындары авиациялық техникамен таныс және дағдылары бар студенттер мен курсанттарды алуды тоқтатты пилотаждық ұшақтарды аралау. Бүгінгі таңда Қазақстан Республикасында "Арай" жеңіл ұшақтарын шығарудың басталуына байланысты әуе кемелерін базалық Ұшуды пайдалануға ғана емес, сонымен қатар жоғары пилотаж шеберлігіне және ұшу кезінде дәл қонуға қабілетті палубалық ұшқыштардың бастапқы дағдыларына ие әуесқой ұшқыштар мен спортшыларды даярлау үшін аэроклубтарды жандандыру перспективасы пайда болды-кеңестік аэроклубтар тәжірибесінде болмаған қысқартылған қону қашықтығы бар тасымалдаушылардың қону жолақтары. Осы мақалада аэрофинишердің көмегімен тежеуді жаттықтыру мақсатында қону гақымен жабдықтау үшін "Арай" ұшағының құрылымына қажетті өзгерістер ұсынылған.

Түйінді сөздер. Фюзеляж, ферма құрылымы, қону гақ, қону қашықтығы, қону арқан, аэрофинишер, ұшу-қону жолағы, әуеайлақ, "Арай" ұшағы, Қазақстан Республикасы.

Kazbek Aldamzharov, doctor of technical sciences, professor, Civil Aviation Academy, Almaty, Kazakhstan, kazbek_a47@mail.ru

Aidos Moldabekov, candidate of chemical sciences, docent, Civil Aviation Academy, Almaty, Kazakhstan, a.moldabekov@agakaz.kz

Dmitriy Kim, candidate of technical sciences, associate professor, Civil Aviation Academy, Almaty, Kazakhstan, spartakuly@yandex.kz

Karlygash Zhandildinova, master's degree, Civil Aviation Academy, Almaty, Kazakhstan, k.zhandildinova@agakaz.com

Galiya Balykova, master's student, Civil Aviation Academy, Almaty, Kazakhstan,

ARAI AIRPLANE TRUSS DESIGN WITH A LANDING TACK FOR AIRFINISHER BRAKE TRAINING

Abstract. In the 1930s, the USSR, through the joint efforts of the VLKSM and Osoaviakhim, began to open aeroclubs, which initially served as an intermediate filter for the

preliminary selection of candidates for Air Force and civil air fleet pilots by psychophysical indicators and for their minimum required flight training, which allowed to increase the efficiency of educational programs of aviation educational institutions. The Soviet flying clubs, in addition to the airplane section, also included aircraft and glider sections, which provided theoretical training for future pilots on the design and construction of aircraft and imparted planning skills, which later came in handy when piloting aircraft. The system of aeroclubs, which originated in the 30s of the XXth century, existed in Kazakhstan until the collapse of the USSR, after which expensive initial flight training became possible exclusively in commercial aviation training centers, and higher educational institutions of civil and especially state aviation ceased to receive students and cadets familiar with aviation technology and skills in piloting aerobatic aircraft. Today, in light of the beginning of production of light aircraft “Arai” in the Republic of Kazakhstan, there is a prospect of revival of flying clubs for training amateur pilots and sportsmen, trained not only in basic flight operation of aircrafts, but also possessing skills of aerobatics and even initial skills of deck pilots, capable of making accurate landings on take-off and landing strips of aircraft carriers with a short landing distance, which was not in the practice of Soviet flying clubs. This paper proposes the necessary changes in the design of the Arai aircraft to equip it with a landing tack for the purpose of practicing braking with the help of an airfinisher.

Keywords. Fuselage, truss structure, landing tack, landing distance, landing cable, air finisher, runway, airfield, Arai airplane, Republic of Kazakhstan.

Получено: 08 март 2024 г.; принято: 27 июнь 2024 г.