

УДК 629.7.048.4

DOI 10.52167/1609-1817-2025-136-1-35-45

**А.К. Молдабеков, А.Б. Битенов, Б.С. Бейсембаева, Ш.К. Кошанова, Д.С. Ким** 

Civil Aviation Academy, Алматы, Казахстан

E-mail: dmitriy.kim@ukr.net

## **ОПТИМИЗАЦИЯ КИСЛОРОДНОЙ СИСТЕМЫ КАБИНЫ ЛЕТНОГО ЭКИПАЖА ВОЗДУШНОГО СУДНА СЕМЕЙСТВА AIRBUS A318/A319/A320/A321**

**Аннотация.** Организм человека и других млекопитающих является аэробным, для его нормального функционирования необходим постоянный доступ кислорода. Потеря кислорода может привести к быстрой деградации клеток и органов, что в конечном итоге приведет к потере сознания и смерти. Скорость потери сознания без доступа кислорода зависит от нескольких факторов, как уровень физической нагрузки, окружающая температура, наличие заболеваний и общее состояние здоровья. Потеря сознания или смерть может наступить в течение нескольких минут после прекращения поступления кислорода в организм в результате гипоксии органов и систем организма.

Нехватка кислорода в кабине летного экипажа воздушного судна может повлечь головокружение, тошноту, дезориентацию и потерю сознания пилотами, что неминуемо приведет к серьезным последствиям для безопасности полета вследствие утраты контроля над самолетом, что неминуемо приведет к серьезным последствиям для безопасности полета вследствие аварии. Потеря сознания или смерть пилотов в результате гипоксии является критической ситуацией, поэтому необходимо принимать меры для ее предотвращения.

Одной из важнейших составляющих безопасности полетов является система подачи кислорода в кабину летного экипажа воздушного судна, особенно в условиях взрывной разгерметизации. На борту самолетов семейства Airbus A318/A319/A320/A321 при увеличении температуры в отсеке для кислородного баллона предусмотрен неминуемый выброс всего кислорода через клапан с разрывной мембраной, шланг для избыточного давления и сбросной порт. В итоге, на протяжении оставшейся части полета у членов летного экипажа не будет доступа к кислороду на случай резкого снижения его концентрации в кабине пилотов.

**Ключевые слова.** Воздушное судно, летный экипаж, кислородная система, Airbus A318/A319/A320/A321, безопасность полетов, гипоксия, взрывная разгерметизация, разрывная мембрана, пружинный клапан.

### **Введение.**

Самолеты семейства Airbus широко используются в гражданской авиации, что делает вопрос оптимизации кислородных систем актуальным для большого числа авиакомпаний и пассажиров. В тех слоях атмосферы, где осуществляются горизонтальные полеты воздушных судов, состав воздуха остается неизменным, несмотря на смешивание воздушных масс. На крейсерских высотах, приблизительно 10 км над уровнем моря, содержание кислорода в воздухе составляет 21%. Это не создает угрозы для человека, если бы не наблюдалось снижение парциального давления с увеличением высоты, что влияет на процесс поступления кислорода из воздуха в кровь. [1].

Недостаточное насыщение крови кислородом и кислородное голодание у человека на высоте горизонтального полета средних и тяжелых самолетов обусловлены именно

пониженным парциальным давлением кислорода, а не его содержанием в воздухе. В процессе полета кислородное голодание начинает проявляться уже на высоте 1,5 км, однако жители равнинной местности начинают ощущать его последствия лишь на уровне от 3 км [2]. Наиболее серьезным последствием кислородного голодания, или аноксии, а также расширения газов внутри организма и их освобождения из крови, является иллюзорное ощущение спокойствия, которое возникает при фактическом помутнении сознания. Это состояние характеризуется ослаблением внимания и критического мышления, параличом рассудка, нарушением координации движений, неспособностью осознать опасность и эмоциональным дисбалансом. Также наблюдается снижение остроты слуха и сужение поля зрения, что особенно опасно в условиях плохой видимости и в темное время суток.

### **Материалы и методы.**

При проведении исследований были использованы отдельные элементы существующей кислородной системы самолетов семейства А318/А319/А320/А321, в том числе баллон с кислородом, датчик давления, ручная запорная арматура, регулятор давления, сбросной шланг избыточного давления, электромагнитный клапан, распределительный коллектор, а также различные модели пружинных предохранительных клапанов.

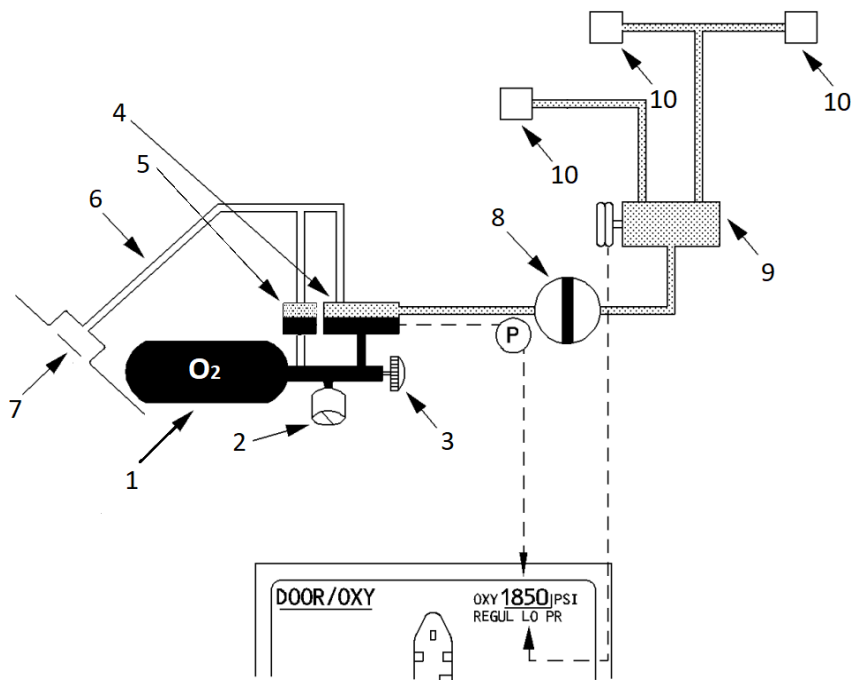
Для обеспечения пилотов необходимым объемом кислорода для дыхания в самолетах осуществляется герметизация кабины, что создает сравнительно высокое давление как в организме, так и в окружающей рабочей среде. Кроме того, самолеты оснащены кислородными аппаратами, которые подают кислород в легкие под давлением, превышающим атмосферное [3]. Из-за неспособности организма справляться с неограниченным повышением внутреннего давления, максимальная высота, на которой можно использовать кислородные приборы, составляет 12,5 км [4]. Это превышает высоты, на которых обычно летают гражданские самолеты. Поэтому, чтобы получить необходимое количество кислорода, пилоты должны использовать авиационное кислородное оборудование, которое повышает содержание кислорода в вдыхаемом воздухе, и оно устанавливается на все летательные аппараты, поднимающиеся выше 4 км.

Кислородное оборудование включает в себя баллон с кислородом, кислородный прибор, соединительные трубки и маску с шлангом. На современных самолетах вместо баллонов часто применяют кислородные системы, которые извлекают кислород из окружающего воздуха. Эти системы и кислородно-дыхательное оборудование обеспечивают экипаж и пассажиров кислородом как в обычных условиях, так и в экстренных ситуациях — например, при разгерметизации кабины или пожаре. Для членов экипажа используются полнолицевые маски и кислородный блок с электронной системой контроля открытого положения. В случае чрезвычайных ситуаций пассажиры получают персональные кислородные маски. Управление и полное автономное наблюдение за работой пассажирского блока осуществляется встроенным микропроцессором, который обменивается информацией по цифровому протоколу. Все системы контролируются электронным блоком управления, который взаимодействует с авионикой самолета.

Кислород для системы хранится в баллонах с термокомпенсированным контролем запаса, у них установлены цифровые датчики и осуществляется обмен информацией. Подача кислорода регулируется при помощи устройства дистанционного управления, имеющего ручной и электронный режимы. В настоящее время газовая кислородная система для летного экипажа включает маски, трубопроводы и баллон с кислородом, который размещен под полом кабины пилотов.

### Результаты и обсуждение.

Система аварийного жизнеобеспечения членов летных экипажей самолетов семейства Airbus A318/A319/A320/A321 в условиях разгерметизации или при опасном снижении концентрации кислорода в кабине пилотов представлена на рисунке 1 [5].



1 – баллон с кислородом, 2 – датчик давления, 3 – ручная запорная арматура, 4 – регулятор давления, 5 – аварийный клапан с разрывной мембраной, 6 – сбросной шланг избыточного давления, 7 – порт для сброса кислорода в атмосферу, 8 – электромагнитный клапан, 9 – распределительный коллектор, 10 – кислородные маски.

Рисунок 1 – Схема существующей газовой кислородной системы для летного экипажа

Кислородные маски 10 рядом с каждым креслом в кабине пилотов, имеющие встроенный микрофон и клапан внешней подачи кислорода, уложены в специальные контейнеры. Кислород к маскам подается через распределительный коллектор 9, куда в свою очередь поступает за счет открывания электромагнитного клапана-соленоида 8, срабатывающего от регулятора давления 4, активируемого из кабины пилотов. Давление в баллоне с кислородом 1 составляет 1850 psi (12,76 МПа). Его визуальный контроль и механическое регулирование осуществляются с помощью датчика давления 2 и ручной запорной арматуры 3 соответственно. При повышении температуры в нише для баллона с кислородом и увеличении давления в нем разрывается мембрана в клапане 5 – и кислород для снятия взрывоопасной нагрузки на баллон сбрасывается в атмосферу через шланг избыточного давления 6 из порта 7.

Существующая кислородная система летного экипажа при повышении температуры в нише для кислородного баллона предполагает неминуемый выброс всего кислорода через клапан с разрывной мембраной, шланг избыточного давления и сбросной порт. В результате на протяжении оставшегося времени полета члены летного экипажа не будут иметь кислород на случай опасного снижения его концентрации в кабине пилотов.

Технический результат при использовании предлагаемого способа заключается в контролируемом сбросе кислорода из баллона в атмосферу и в сохранении запаса

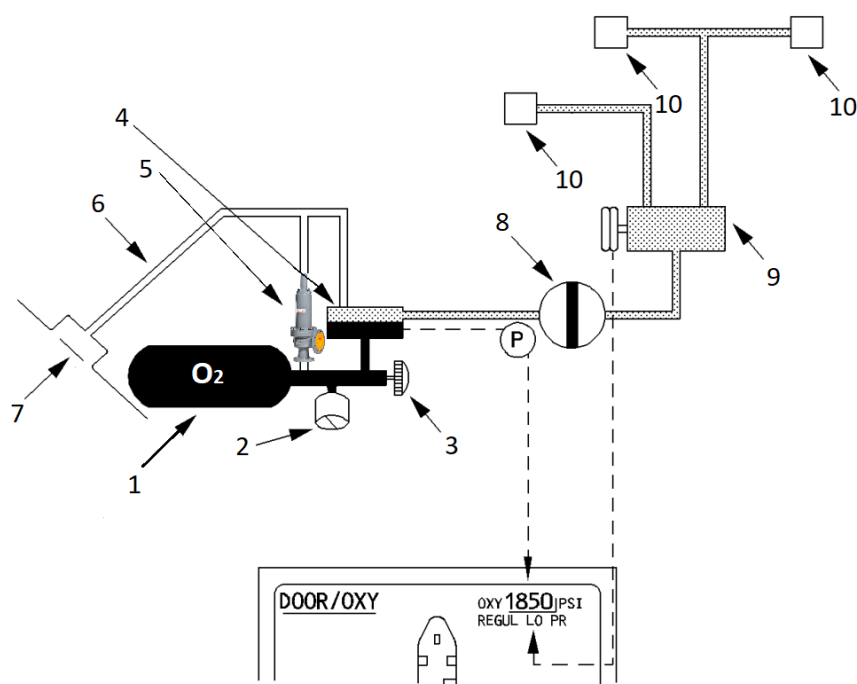
кислорода в баллоне после ликвидации источника внешнего термического воздействия на него.

Указанный технический результат достигается за счёт того, что вместо клапана с разрывной мембраной применяется пружинный предохранительный клапан, который открывается при повышении давления в кислородном баллоне, вызванном ростом температуры в его нише, но закрывается при нормализации давления в кислородном баллоне до величины 1850 psi (12,76 МПа).

Предлагаемый способ оптимизации кислородной системы летного экипажа реализуется следующим образом.

При повышении температуры в нише для кислородного баллона под полом кабины пилотов и увеличении газового давления в баллоне более 1850 psi (12,76 МПа) открывается отрегулированный на данную величину пружинный предохранительный клапан. Кислород, создающий избыточное давление в баллоне, проходит через шланг, ведущий к сбросному порту в фюзеляже воздушного судна, и попадает в атмосферу. Контроль и регулирование сброса кислорода из баллона осуществляется с помощью пружинного предохранительного клапана, который, в отличие от клапана с разрывной мембраной, перекроет подачу кислорода в шланг избыточного давления после его нормализации до величины 1850 psi (12,76 МПа). В результате в баллоне останется кислород, необходимый летному экипажу при разгерметизации или в иных случаях опасного снижения концентрации кислорода в кабине пилотов.

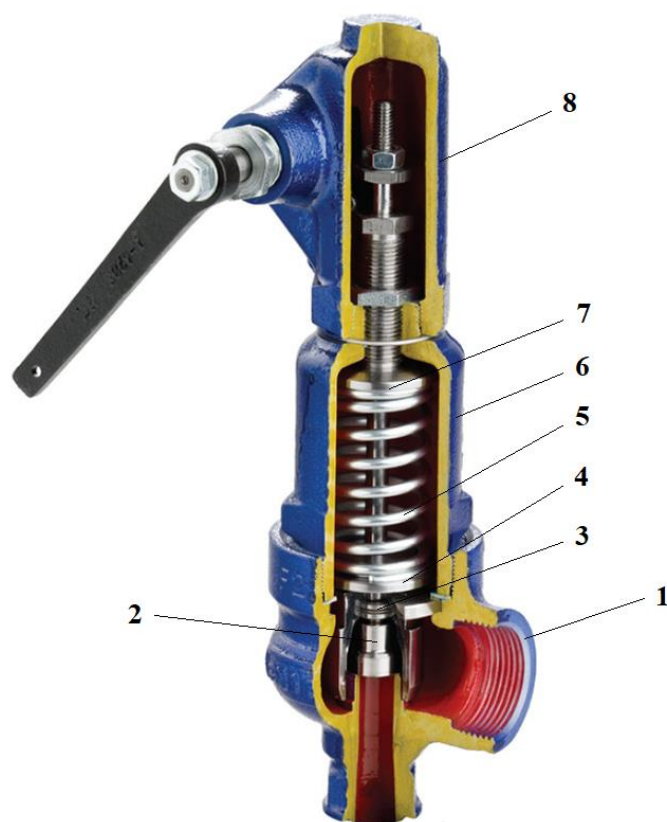
Предлагаемый способ иллюстрируется на рисунке 2, на котором представлена схема газовой кислородной системы для летного экипажа с пружинным предохранительным клапаном аварийного сброса кислорода в атмосферу.



1 – баллон с кислородом, 2 – датчик давления, 3 – ручная запорная арматура, 4 – регулятор давления, 5 – пружинный предохранительный клапан, 6 – сбросной шланг избыточного давления, 7 – порт для сброса кислорода в атмосферу, 8 – электромагнитный клапан, 9 – распределительный коллектор, 10 – кислородные маски.

Рисунок 2 – Схема газовой кислородной системы для летного экипажа с пружинным предохранительным клапаном аварийного сброса кислорода в атмосферу

Устройство пружинного предохранительного клапана 5 схематично показано на рисунке 3.



1 – седло, 2 – стержень, 3 – золотник, 4 – капюшон, 5 – пружина, 6 – корпус, 7 – тарелка, 8 – колокол.

Рисунок 3 – Устройство пружинного предохранительного клапана

В пружинных предохранительных клапанах сила пружины 5 противодействует давлению среды на золотник 3. Для настройки клапана используется гаечно-резьбовой механизм в колоколе 8, что позволяет изменять степень поджатия пружины. При выборе предохранительного клапана для газовой кислородной системы жизнеобеспечения летного экипажа необходимо рассчитать его размеры и пропускную способность в зависимости от условий эксплуатации. Обязательным условием является соответствие пропускной способности предохранительного клапана и аварийного притока [6]:

$$G > G_a, \quad (1)$$

где  $G$  – пропускная способность предохранительного клапана, кг/с;  
 $G_a$  – аварийный массовый приток среды, кг/с.

Аварийный массовый приток среды  $G_a$  следует рассчитать, исходя из минимальной величины сбросного давления в кислородном баллоне 1850 psi (12,76 МПа). Наиболее опасной аварийной ситуацией является взрыв технологической среды (кислорода) внутри баллона. Аварийный приток в этом случае связан с соответствующей ему скоростью нарастания давления взрыва уравнением состояния [7]:

$$G_a = \frac{M \times V}{R \times T_{cp.}} \times \frac{dp}{d\tau}, \quad (2)$$

где  $M$  – молекулярная масса продукта, кг/моль;  $V$  – объем аппарата, м<sup>3</sup>;  $R = 8314$  кДж/(кмоль × К) – универсальная газовая постоянная;  $T_{cp}$  – средняя температура продукта в баллоне, К;  $dp/d\tau$  – скорость роста давления в баллоне при взрыве, Па/с.

При установке предохранительного клапана в кислородной системе на воздушном судне его размеры и пропускная способность должны быть выбраны таким образом, чтобы в баллоне не могло образовываться давление, превышающее рабочее более чем на 10%. В соответствии с [8] пропускная способность предохранительного клапана для газов и паров определяется по формуле:

$$G = 3,16 \times B \times \alpha_1 \times F \sqrt{(p_1 + 0,1) \times \rho}, \quad (3)$$

где  $\alpha = 0,4 \div 0,7$  – коэффициент расхода по паспортным данным клапана;  $F$  – наименьшая площадь сечения проточной части седла клапана, мм<sup>2</sup>;  $P$  – максимальное (избыточное) давление перед предохранительным клапаном, МПа;  $\rho$  – плотность жидкости перед клапаном при  $P$  и ее температуре  $t$  перед клапаном, кг/м<sup>3</sup>;  $B$  – коэффициент, учитывающий физико-химические свойства газов и паров при параметрах среды перед клапаном.

Плотность пара или реального газа  $\rho_2$  (кг/м<sup>3</sup>) рассчитывается по формуле [8]:

$$\rho_2 = \frac{10^6 \times (p_1 + 0,1)}{B_1 \times R \times (t_1 + 273)}, \quad (4)$$

где  $R$  – газовая постоянная, Дж/(кг × °С);  $B_1$  – коэффициент сжимаемости реального газа. Значения коэффициентов  $B$ ,  $B_1$  и газовой постоянной  $R$  можно рассчитать по формуле (4) или выбрать из приведённых значений в таблицах 1–3.

Таблица 1 – Значения коэффициентов  $k$ ,  $B$ ,  $R$  для кислорода [9]

Газ	Показатель адиабаты, $k$	Коэффициент, учитывающий физико-химические свойства, $B$	Газовая постоянная, $R$ , Дж/(кг × °С)
	при температуре 0°С и давлении 0,1 МПа		
Кислород	1,40	0,77	260

Таблица 2 – Значения коэффициента  $B$  для кислорода [9]

$p_2 + 0,1$	$k$	$p_2 + 0,1$	$k$	$p_2 + 0,1$	$k$	$p_2 + 0,1$	$k$
$p_1 + 0,1$	1,40	$p_1 + 0,1$	1,40	$p_1 + 0,1$	1,40	$p_1 + 0,1$	1,40
0,100	0,770	0,445	0,770	0,550	0,768	0,750	0,678
0,200	0,770	0,450	0,770	0,564	0,765	0,800	0,630
0,300	0,770	0,488	0,770	0,577	0,764	0,850	0,560
0,354	0,770	0,500	0,770	0,600	0,762	0,900	0,475
0,393	0,770	0,528	0,770	0,650	0,748	1,000	0
0,400	0,770	0,546	0,769	0,700	0,720		



Таблица 3 – Значения коэффициента  $B_1$  для кислорода [9]

$p_1 + 0,1$ , МПа	Температура $t_1$ , °С			
	0	50	100	200
0	1	1	1	1
10	0,92	0,97	1	-
20	0,91	-	1,02	1,06
30	0,97	-	1,07	1,1
40	1,07	-	1,12	1,14
50	1,17	-	1,20	1,19
80	1,53	-	1,44	1,37
100	1,77	-	1,59	-

Значения адиабаты  $k$  для кислорода при различных температурах указаны в таблице 4.

Таблица 4 – Показатель адиабаты  $k$  для кислорода [9]

Газ	Температура, °С	$k$
Кислород	-180	1,45
	15	1,401
	200	1,396

Коэффициент  $B$  для газов и паров вычисляется по формулам: при дозвуковом режиме истечения ( $\beta > \beta_{кр.}$ ) [9]:

$$B = \sqrt{\frac{2k}{k-1} \times \left( \beta^{\frac{2}{k}} - \beta \times \frac{k+1}{k} \right)}, \quad (5)$$

при сверхзвуковом режиме истечения ( $\beta \leq \beta_{кр.}$ ) [10]:

$$B = \sqrt{k \times \left( \frac{2}{k+1} \right)^{\frac{k+1}{k-1}}}, \quad (6)$$

где  $k$  – показатель адиабаты расширения газа (принимается по справочным данным [1, 6] или из табл. 2, 5;  $\beta$  – отношение давлений за и перед предохранительным клапаном,  $\beta_{кр.}$  – критическое отношение давлений [11]:

$$\beta = \frac{p_2 + 0,1}{p_1 + 0,1}; \quad (7)$$

$$\beta_{кр.} = \left( \frac{2}{k+1} \right)^{\frac{2}{k-1}}.$$

Расчет времени срабатывания предохранительных клапанов

Расчет времени срабатывания предохранительных клапанов основан на решении системы дифференциальных уравнений, описывающих переходные процессы в клапане

при его открытии. Принимая движение замыкающего органа равноускоренным с нулевой начальной скоростью, время открытия клапана  $t$  можно определить по формуле [12]:

$$t = \sqrt{\frac{2m \times H_{\max}}{(p_1 - p_2) \times F - R_c}}, \quad (8)$$

где  $m$  – масса замыкающего органа с присоединенными деталями, кг принимается  $5 \div 7\%$  от веса клапана;  $H_{\max}$  – максимальный ход замыкающего органа, составляет от 0,5 до 3 см;  $F$  – площадь проходного сечения клапана,  $\text{см}^2$ ;  $R_c$  – суммарная сила сопротивления движению замыкающего органа, кгс.

Для практических расчетов принимают [12]:

$$(p_1 - p_2)F - R_c = 2(p_1 - p_2)F, \quad (9)$$

причем меньшее значение относится к клапанам с золотниками, для которых характерно повышение силы сопротивления движению. Чем меньше время срабатывания, тем эффективнее работает клапан.

В составе кислородной системы кабины летного экипажа воздушного судна время срабатывания клапана должно быть не более 0,9 секунды. При активации кислородной системы на рисунке 2 путем включения регулятора давления 4 кислород из баллона 1 через электромагнитный клапан-соленоид 8 поступает в распределительный коллектор 9, откуда подается на кислородные маски 10. Визуальный контроль и механическое регулирование давления в кислородном баллоне 1 осуществляются соответственно с помощью датчика давления 2 и ручной запорной арматуры 3. В случае повышения температуры в нише для баллона с кислородом под полом кабины пилотов и закономерного роста давления в баллоне открывается пружинный предохранительный клапан 5, отрегулированный на 1850 psi (12,76 МПа). Кислород, создающий давление в баллоне более 1850 psi (12,76 МПа), проходит по шлангу избыточного давления 6 и сбрасывается в атмосферу через порт 7. Кислород, не создающий давление более 1850 psi (12,76 МПа), остается в баллоне за счет закрытия пружинного предохранительного клапана 5. В результате на протяжении оставшегося времени полета члены летного экипажа будут иметь кислород на случай опасного снижения его концентрации в кабине пилотов.

### **Заключение.**

Кислородная система является критически важной для обеспечения жизнедеятельности экипажа в условиях разгерметизации кабины, полетов на больших высотах или при возникновении задымления/пожара. Гипоксия (кислородное голодание) может быстро привести к ухудшению когнитивных функций, потере сознания и, как следствие, к авиакатастрофе. Оптимизация кислородной системы способствует снижению утомляемости экипажа, повышению концентрации внимания и улучшению принятия решений в стрессовых ситуациях. Внедрение автоматизированных систем контроля и управления кислородной системой позволяет оптимизировать ее работу в зависимости от текущих условий полета. Оптимизация кислородной системы кабины летного экипажа воздушного судна семейства Airbus – это актуальная задача, направленная на повышение безопасности полетов, улучшение условий труда экипажа, снижение эксплуатационных расходов и внедрение современных технологий. Решение этой задачи имеет важное значение для поддержания конкурентоспособности авиакомпаний и обеспечения высокого уровня безопасности полетов.



## ЛИТЕРАТУРА

[1] Шлапакова Т.И., Костин Р.К., Тягунова Е.Е. Активные формы кислорода: участие в клеточных процессах и развитии патологии / Биоорганическая химия. – Т. 46. – №5. – 2020. – С. 466–485. <https://doi.org/10.31857/S013234232005022X>.

[2] Novaes C.E. et al. Association of statins with peak oxygen consumption in 4,941 adults: A cross-sectional study / IJC Heart & Vasculature. – Vol. 53. – 2024. – PP. – 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.ijcha.2024.101471>.

[3] Giuffre’a A., Colonna P., De Servi C. Dynamic thermal model of passenger aircraft for the estimation of the cabin cooling and heating requirements / Applied Thermal Engineering. – №244. – 2024. – PP. 1–16. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2024.122641>.

[4] Maiera J. et al. Evaluation of a next generation oxygen system – assessment of usability, comfort and human performance / Transportation Research Procedia. – №66. – 2022. – PP. 97–108. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2022.12.011>.

[5] Kameníková I. et al. Application of the single-engine taxi-out procedure for commercial transport, focusing on the Airbus A320 fleet / Transportation Research Procedia. – Vol. 65. – 2022. – PP. 126–132. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2022.11.015>.

[6] Zong-hao Ye et al. Effects of adjusting ring and spring stiffness on fluid dynamics of steam spring-loaded safety valve / Nuclear Engineering and Technology. – Vol. 1. – 2024. – PP. 1–16. <https://doi.org/10.1016/j.net.2024.11.040>.

[7] Cao K. et al. A serialized civil aircraft R&D cost estimation model considering commonality based on BP algorithm / Chinese Journal of Aeronautics. – Vol. 35. – №4. – 2022. – PP. 253–265. <https://doi.org/10.1016/j.cja.2021.04.013>.

[8] Об утверждении Правил обеспечения промышленной безопасности при эксплуатации оборудования, работающего под давлением / Приказ Министра по инвестициям и развитию Республики Казахстан от 30 декабря 2014 года №358.

[9] Варгафтик Н.Б. Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей / 2-е изд., доп. и перераб. – М.: Наука, 1972. – 721 с.

[10] Liu K., Gao F. Coordination optimisation of energy and manufacturing flow for industry integrated energy system / IET Gener. Transm. Distrib. – №16. – 2022. – PP. 3719–3733. <https://doi.org/10.1049/gtd2.12559>.

[11] Brkić V, Zelenika I, Mijić P, Medved I. Underground Gas Storage Process Optimisation with Respect to Reservoir Parameters and Production Equipment. Energies. 2021; 14(14):4324. <https://doi.org/10.3390/en14144324>.

[12] Levi T., Fujii T. Microfluidic Neurons, a New Way in Neuromorphic Engineering? Micromachines. 2016; 7(8):146. <https://doi.org/10.3390/mi7080146>.

**Айдос Молдабеков**, х.ғ.к., қауымдастырылған профессор, Civil Aviation Academy, Алматы, Қазақстан, [a.moldabekov@agakaz.kz](mailto:a.moldabekov@agakaz.kz)

**Алмас Битенов**, магистр, Civil Aviation Academy, Алматы, Қазақстан, [a.bitenov@agakaz.kz](mailto:a.bitenov@agakaz.kz)

**Бакытгуль Бейсембаева**, магистр, Civil Aviation Academy, Алматы, Қазақстан, [b.beisembayeva@agakaz.kz](mailto:b.beisembayeva@agakaz.kz)

**Шолпан Кошанова**, магистр, Civil Aviation Academy, Алматы, Қазақстан, [s.koshanova@agakaz.kz](mailto:s.koshanova@agakaz.kz)

**Дмитрий Ким**, т.ғ.к., профессор, Civil Aviation Academy, Алматы, Қазақстан, [spartakuly@yandex.kz](mailto:spartakuly@yandex.kz)

## AIRBUS A318/A319/A320/A321 ӘУЕ КЕМЕСІНІҢ ҰШУ ЭКИПАЖЫ КАБИНАСЫНЫҢ ОТТЕГІ ЖҮЙЕСІН ОҢТАЙЛАНДЫРУ

**Аңдатпа.** Адам ағзасы және басқа да көптеген сүтқоректілер аэробты болып табылады, оның қалыпты жұмыс істеуі үшін оттегінің тұрақты қол жетімділігі қажет. Оттегіге қол жетімділіктің жоғалуы жасушалар мен мүшелердің тез деградациясына әкелуі мүмкін, бұл ақыр соңында сананың жоғалуына және өлімге әкеледі. Оттегіге қол жеткізбестен сананың жоғалу жылдамдығы жаттығу деңгейі, қоршаған орта температурасы, аурулардың болуы және жалпы денсаулық сияқты бірнеше факторларға байланысты. Орташа алғанда, сананың жоғалуы немесе өлім ағзаның мүшелері мен жүйелерінің гипоксиясы нәтижесінде ағзаға оттегінің түсуін тоқтатқаннан кейін бірнеше минут ішінде болуы мүмкін.

Әуе кемесінің ұшу экипажының кабинасында оттегінің жетіспеушілігі ұшқыштардың бас айналуына, жүрек айнуына, бағдарсыздығына және есін жоғалтуына әкелуі мүмкін, бұл ұшақты бақылауды жоғалту салдарынан ұшу қауіпсіздігі үшін ауыр зардаптарға әкеледі. Гипоксия салдарынан есін жоғалту немесе ұшқыштардың өлімі өте маңызды жағдай, сондықтан оның алдын алу үшін шаралар қабылдау қажет.

Ұшу қауіпсіздігін қамтамасыз етудегі негізгі рөлдердің бірі әуе кемесінің ұшу экипажының кабинасына оттегін беру жүйесі, әсіресе оның жарылғыш герметикаланбауы жағдайында ойнайды. Airbus A318/A319/A320/A321 ұшақтарының бортындағы ұшу экипажының оттегі жүйесі оттегі цилиндрінің тауашасында температура көтерілген кезде жарылғыш мембраналық клапан, артық қысым шлангісі және ағызу порты арқылы барлық оттегінің жақын арада шығарылуын болжайды. Нәтижесінде ұшудың қалған уақыты ішінде ұшу экипажының мүшелерінде оның ұшқыштар кабинасындағы шоғырлануы қауіпті төмендеген жағдайда оттегі болмайды.

**Түйінді сөздер.** Әуе кемесі, ұшу экипажы, оттегі жүйесі, Airbus A318/A319/A320 / A321, ұшу қауіпсіздігі, гипоксия, жарылғыш герметикаланбау, жарылғыш мембрана, серіппелі клапан.

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

**Almas Bitenov**, master, Civil Aviation Academy, Almaty, Kazakhstan, a.bitenov@agakaz.kz

**Bakytgul Beisembayeva**, master, Civil Aviation Academy, Almaty, Kazakhstan, b.beisembayeva@agakaz.kz

**Sholpan Koshanova**, master, Civil Aviation Academy, Almaty, Kazakhstan, s.koshanova@agakaz.kz

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

## OPTIMIZATION OF THE OXYGEN SYSTEM OF THE FLIGHT CREW CABIN OF THE AIRBUS A318/A319/A320/A321 FAMILY AIRCRAFT

**Abstract.** The human body and many other mammals are aerobic, and constant oxygen supply is necessary for its normal functioning. Loss of oxygen access can lead to rapid degradation of cells and organs, eventually leading to unconsciousness and death. The rate of unconsciousness without oxygen depends on several factors, such as the level of physical activity, ambient temperature, the presence of diseases and general health. On average, loss of

consciousness or death can occur within a few minutes after the cessation of oxygen supply to the body as a result of hypoxia of organs and body systems.

Lack of oxygen in the cockpit of an aircraft flight crew can lead to dizziness, nausea, disorientation and loss of consciousness by pilots, which will inevitably lead to serious consequences for flight safety due to loss of control over the aircraft. Loss of consciousness or death of pilots as a result of hypoxia is a critical situation, therefore measures must be taken to prevent it.

One of the key roles in ensuring flight safety is played by the oxygen supply system to the cockpit of the aircraft, especially in the event of its explosive depressurization. On board the Airbus A318/A319/A320/A321 family of aircraft, the flight crew's oxygen system, when the temperature in the oxygen tank niche rises, assumes the inevitable release of all oxygen through a bursting valve, an overpressure hose and a discharge port. As a result, during the remaining flight time, flight crew members will not have oxygen in case of a dangerous decrease in its concentration in the cockpit.

**Keywords.** Aircraft, flight crew, oxygen system, Airbus A318/A319/A320/A321, flight safety, hypoxia, explosive depressurization, bursting diaphragm, spring valve.

\*\*\*\*\*

Редакцияға түсті / Поступила в редакцию / Received 08.08.2024  
Жариялауға қабылданды / Принята к публикации / Accepted 22.12.2024