

# **ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ БАРОКАМЕРЫ ДЛЯ ЛЕТНОГО СОСТАВА**

**Храмов Анатолий Геннадьевич,  
капитан 1 ранга в запасе, акванавт, Герой Российской Федерации**

**Благинин Андрей Александрович,  
доктор медицинских и психологических наук, профессор,  
полковник медицинской службы, заведующий кафедрой авиационной и  
космической медицины Военно-медицинской академии имени С. М. Кирова**

Развитие воздухоплавания и, в частности, увеличение высоты полетов на аэростатах в середине XIX века достаточно скоро и убедительно указало на острую необходимость изучения физиологии организма человека в условиях разреженной атмосферы. При этом практика выполнения каких-либо исследований в реальных условиях полетов показала на их ограниченность и высокую опасность.

Перенести «на землю» условия аэронавтики смог в 1868 году французский физиолог Поль Бер, построив камеру пониженного давления, которая позволяла ставить в лаборатории опыты, воспроизводя подлинные условия высотного полета. В этой камере можно было понижать давление воздуха точно так же, как это происходит в верхних слоях атмосферы, и регулировать подачу кислорода для дыхания испытуемому лицу. Опыты, которые Поль Бер проводил в своей камере пониженного давления, обозначили пределы жизнеспособности человека; позволили выработать первые рекомендации как бороться с недостатком кислорода в разреженных слоях атмосферы и как, следя за измерителями высоты, путем самонаблюдения и внимания, а также своевременной подачи кислорода, устранять опасности высотных полетов. Результаты своих исследований о влиянии атмосферного давления на организм Поль Бер опубликовал в 1878 году в книге «Барометрическое давление» [1].

В России XIX века, несмотря на то, что уже в 1804 году по заданию Петербургской академии наук академик Я.Д. Захаров поднимался на воздушном шаре с целью изучения влияния разреженной атмосферы на аэростьера (аэронавта); в 1878 году во Франции поднялся на привязном аэростате, а в 1887 году на воздушном шаре «Русский» поднялся и достиг высоты в 3000 м русский ученый-энциклопедист Д.И. Менделеев, – полёты на аэростатах были скорее редкостью. Историю же российской авиации вообще принято отсчитывать с начала XX века. К глубокому изучению воздействия на человека факторов окружающей среды подвинули, прежде всего, огромный интерес к воздухоплаванию в СССР в 30-е годы XX века, вызванный полетами на стратостатах Огюста Пикара, а также пришедшие на смену аэропланов летательные аппараты нового поколения. Классовой сознательности и хорошей физической формы для того, чтобы летать, оказалось недостаточно.

В 1936 г. в Ленинграде в Военно-Медицинской Академии, где под руководством Л.А. Орбели на кафедре физиологии велись исследования в направлении физиологии экстремальных состояний, Л.А. Орбели и М.П. Бресткину удалось создать при кафедре специальную баролабораторию [2], позволившую провести уникальные исследования по изучению воздействия на организм ряда экстремальных факторов: повышенного и пониженного давления воздушной среды, гипоксии и гипероксии, гипокапнии и гиперкапнии, повышенного давления азота, высоких температур, интенсивной мышечной деятельности [2]. В совокупности с результатами работ, выполненных в конце XIX века корифеями русской физиологии И.М. Сеченовым, Д.И. Менделеевым, И.П. Павловым, а также последующих исследований Л.А. Орбели, М.П. Бресткина, П.И. Егорова, А.А. Сергеева, исследования в баролаборатории заложили физиологические основы последующих достижений в освоении авиации, скоростных полетов, больших высот, безопасности работы летчиков и водолазов, космической физиологии и медицины.

Между тем постоянно совершенствующаяся и усложняющаяся авиационная техника, расширение сферы ее применения в различных, подчас экстремальных условиях, увеличение сложности и ответственности управления ею, помимо заблаговременного определения пригодности к овладению профессией летчика (профпригодности), потребовали оценки и возможности прогнозирования устойчивости поведения пилота в условиях воздействия экстремальных факторов полетов. Помимо собственно здоровья специалисты авиационной медицины были вынуждены обратиться на изучение способности летчика сохранять сенсорные, моторные и умственные навыки при любом усложнении полета; устойчивости и умения быстрого переключения внимания; типа мышления, темпа мыслительных процессов, способности быстро оценивать окружающую обстановку и отвечать на нее правильными и точными действиями и т.д. [3], – как в нормальных условиях полета, так и при воздействии экстремальных факторов. И снова, для «приземления» условий проведения исследований, на помощь специалистам авиационной медицины пришли, пока еще единичные, образцы гипобарических барокамер.



Барокамера СБК-48

С течением времени была обоснована возможность и целесообразность использования барокамер пониженного давления и непосредственно в летных частях как для проведения специальных тренировок летного состава в рамках психофизиологической подготовки к высотным полетам: выработке устойчивости к действию изменения барометрического давления, к пониженному содержанию кислорода, выявлению предрасположенности к высотным декомпрессионным заболеваниям; так и для решения задач по обеспечению сохранения, восстановления и поддержанию физического и психического здоровья, профессиональной работоспособности, продления профессионального долголетия летного состава.

Первыми отечественными гипобарическими барокамерами, выпускаемыми серийно, стали барокамера СБК-48 и её улучшенная модель СБК-48М.

Обе барокамеры являлись стационарными, имели прямоугольный вид, конструктивно состояли из двух отсеков: основного, объемом ок. 7 м<sup>3</sup>, вмещающего 4 человека, и шлюзового, объемом ок. 3 м<sup>3</sup>, и имели незначительные конструктивные отличия, в основном связанные с расположением трубопроводов и контрольно-измерительных приборов. Несмотря на простоту конструкции, барокамеры позволяли достаточно эффективно проводить медицинские исследования и высотные тренировки летного состава, чем объясняется их востребованность и массовое производство.

Наряду со стационарным исполнением, были созданы и передвижные (транспортируемые) варианты барокамер СБК, получивших шифр ПБК-50 и ПБК-53. Барокамеры и необходимое оборудование устанавливались на шасси автомобилей (в кузовах и прицепах), а электропитание (прием и распределение) оборудования осуществлялось от штатного генератора автомобиля с приводом от коробки мощности.

Определенной вехой в области отечественных барокамер пониженного давления в начале 80-х годов стали разработка, создание и введение в эксплуатацию барокамеры ПБК-70. Данная барокамера позволяла имитировать подъемы до высоты 30000 м и, впервые, – разгерметизацию кабины летательного аппарата.

Барокамера имела цилиндрическую форму и конструктивно состояла из двух отсеков: основного, объемом ок. 7,5 м<sup>3</sup>, вмещающего 4 человека и камеры «разгерметизации» (камеры перепада), объемом 1,8 м<sup>3</sup>, для размещения одного испытуемого. В основном отсеке барокамеры проверялась устойчивость организма летного состава к пониженному содержанию кислорода в окружающей среде (гипоксии), выявлялась предрасположенность к высотным декомпрессионным заболеваниям. В «камере разгерметизации» демонстрировались и проверялись защитные свойства комплекта кислородного оборудования и защитного снаряжения, отработывалась психофизиологическая готовность (натренированность) летного состава к воздействию «взрывной» разгерметизации кабины летательного аппарата.

По результатам эксплуатации ПБК-70 появились её усовершенствованные, но мало отличающиеся в конструкции, модели транспортируемых барокамер ТБК-73 и ТБК-78.

Если передвижные модели барокамер пониженного давления явились аналогом и последующим усовершенствованием стационарной барокамеры СБК-48, своеобразным итогом развития отечественных барокамер стала разработанная с 1980 году стационарная барокамера СБК-80, вобравшая в себя весь положительный опыт эксплуатации передвижных барокамер.

По конструкции СБК-80 являлась стационарным вариантом барокамеры ПБК-70, но уже была оборудована штатной системой медицинского, в том числе оперативного, контроля. Барокамера практически в полном объеме позволила проводить комплекс мероприятий по определению профессиональной пригодности к летной профессии, по определению и обеспечению натренированности устойчивого поведения летчика в условиях воздействия экстремальных факторов высотных полетов, по поддержанию физического и психического здоровья, профессиональной работоспособности, продлению профессионального долголетия летного состава.

Между тем, стремительное развитие реактивных, сверхзвуковых летательных аппаратов требовало новых психофизиологических критериев обследования и медицинского освидетельствования пилотов в целях определения



Барокамера СБК-80

пригодности к управлению новыми высокоскоростными машинами; новых оценок психофизиологических способностей летного состава к освоению полетов на высоких скоростях и возможностей организма переносить перегрузки. А технически и морально устаревшие барокамеры уже не вполне соответствовали вновь предъявляемым требованиям специалистов авиационной медицины к психофизиологическим исследованиям при высотных тренировках.

К сожалению, проводимые в 90-е годы в стране реформы не дали толчка развитию отечественных барокамер пониженного давления. Более того, пересмотр принципов медицинского обеспечения полетов (МОП) и попытки перестроения обеспечения по «западному образцу» позволили внедрить упрощенное понимание МОП [4], сформировать мнение о достаточности проведения в авиационных частях проверок на устойчивость организма летчика к гипоксии умеренной и средней степени [5], и необходимости концентрации технических средств, моделирующих условия современных полетов, исключительно в специализированных лечебно-профилактических и научно-исследовательских учреждениях.

Вместе с тем, моральное устаревание СБК-80, наряду с уменьшившимся финансированием конструкторских работ по созданию подобных технических средств, прекращением производства отечественными предприятиями промышленности этих технических средств и частичным переходом к закупке образцов, предлагаемых зарубежными фирмами, показали на имеющиеся существенные проблемы в вопросах осуществления барокамерных подъемов.

Одной из «сегодняшних» разработок, ориентированных на решение этих проблем, является «Транспортабельный гипобарический барокамерный модуль (МГБ)», разработанный и изготовленный ЗАО «СКБ ЭО при ИМБП РАН». Модуль позволяет производить тренировки и испытания летного состава в целях врачебно-летной экспертизы и психофизиологической подготовки к высотным полетам на летательных аппаратах с гермокабиной в условиях быстрой разгерметизации. В состав барокамерного модуля входит барокамера пониженного давления – СБК,

цилиндрической формы, состоящая также, как СБК-80, из двух отсеков: основного, вмещающего 4 человека и камеры перепада (камеры «разгерметизации») для размещения одного испытателя. На барокамере установлена система объективного медицинского и технического контроля, системы пожарной сигнализации и пожаротушения [6]. Главной особенностью МГБ, в отличие от стационарной СБК-80 и транспортируемых барокамер ТБК-73 и ТБК-78 стала её транспортабельность (возможность перемещения при необходимости). Барокамера и всё оборудование барокамерного модуля размещены в двух стандартных сдвоенных транспортных 40-футовых контейнеров морского исполнения. Барокомплекс не требует размещения в специальных зданиях (ангарах), может быть размещен на ровной площадке с размерами 10 x 15 м и эксплуатироваться в любой климатической зоне [6].

Первый модуль в ноябре 2017 года поставлен в 859 ЦБП и ПЛС МА ВМФ г. Ейск Краснодарского края. В мае 2018 г. успешно проведены государственные испытания МГБ «Эдельвейс», и в октябре 2018 года барокомплекс введен в эксплуатацию [7].

Другой современной разработкой в области авиационных барокамер стал гипобарический комплекс БКЛС, поставленный АО «Флаг Альфа» на кафедру авиационной и космической медицины Военно-медицинской академии имени С.М.Кирова, успешно прошедший приёмо-сдаточные испытания и запущенный в эксплуатацию в 2020 году. При создании комплекса, разработчиками совместно с профессорско-преподавательским составом кафедры изучался опыт зарубежных стран в создании и использовании гипобарических камер, начиная с этапа проектирования учитывался и использовался опыт конструирования отечественных и стационарных и мобильных камер, направления развития современных и перспективных авиационных комплексов, включая системы жизнеобеспечения летчиков и защитные снаряжения.

Основу комплекса составляет барокамера пониженного давления БКПД-1, предназначенная для проверки профессиональной пригодности, для отработки практических навыков курсантов и слушателей по производству



Барокамерный модуль Эдельвейс

барокамерных подъемов в целях врачебно-лётной экспертизы и психофизиологической подготовки лётного состава государственной авиации и контингента специального назначения Российской Федерации к высотным полетам в условиях воздействия гипоксии, перехода на кислородное обеспечение парашютных приборов при совершении прыжков с больших высот, а также к воздействию быстрой («взрывной») разгерметизации.

БКПД-1 позволяет осуществлять все виды (в том числе тренировочные), барокамерных подъемов: на переносимость умеренных, средних и высоких степеней разрежения атмосферы при подъемах до 13500 м; на переносимость быстрых изменений барометрического давления при спусках; с целью последующей имитации взрывной декомпрессии; проводимых с целью научных исследований на высотах до 30000 м.

БКПД-1 конструктивно состоит из трех отсеков: основного (рабочего) отсека, объемом 23 м<sup>3</sup>, шлюзового отсека, объемом 13 м<sup>3</sup> и камеры перепада, объемом 2,8 м<sup>3</sup>. Все отсеки оборудованы элементами единой системы пожарной сигнализации и водораспылительными головками системы пожаротушения.

В основном отсеке установлены шесть рабочих мест со штатным оборудованием для психофизиологических исследований и с датчиковой частью оборудования объективного медицинского контроля. Одно из мест (инструктора или медицинского работника) оборудовано кислородной маской с удлиненным шлангом,

для обеспечения возможности перемещения по отсеку для личного визуального контроля состояния находящихся в отсеке. На пяти местах предусмотрена возможность оперативной установки применяемых или перспективных комплектов кислородного оборудования и/или защитного снаряжения. На торцевой стенке барокамера оборудована малогабаритным шлюзом, обеспечивающим передачу в отсек (или из отсека) малогабаритных предметов без изменения барометрического давления в отсеке.

Шлюзовой отсек предназначен для вывода испытуемого в случае ухудшения его самочувствия без прекращения тренировки (исследования) группы и без изменения барометрического давления в отсеке.

Камера перепада предназначена для имитации мгновенной («взрывной») разгерметизации кабины летательного аппарата. Инновационное устройство, наряду с обоснованными расчетными методами объемами основного и шлюзового отсеков, позволяет создать разгерметизацию камеры перепада менее, чем за одну десятую секунды.

БКПД-1 оборудована современной многоканальной системой объективного медицинского контроля, которая в масштабе реального времени позволяет отслеживать динамику физиологического состояния испытуемых во время обследования. Особенностью системы является одновременная синхронная регистрация артериального давления, электрокардиограммы, частоты сердечных сокращений и сатурации кислородом, измеряемых приборами с разнородными информационными каналами;



Барокамера БКПД-1 в барозале кафедры авиационной и космической медицины Военно-Медицинской академии им.С.М.Кирова



Барокомплекс БКЛС. Единый пульт управления

обработка данных как в режиме реального времени, так и апостериори; синхронизация данных с управляемыми воздействиями на исследуемого; формирование протокола после каждого исследования и ведение базы данных исследований.

Система управления барокамерой пониженного давления оборудована современной автоматической и полномасштабно дублирующей её ручной системами управления, что в связке с системой видеонаблюдения позволяет осуществлять работу с БКПД-1 одному специалисту, не прекращая контроля за самочувствием испытуемых.

Для купирования клинической картины и этиотропного лечения возможных проявлений высотной декомпрессионной болезни (ВДБ), а также всех классифицируемых сегодня форм ВДБ, включая отсроченные симптомы, в состав комплекса БКЛС для проведения сеансов гипербарической оксигенации включена барокамера повышенного давления РБК-1400. Барокамера состоит из основного отсека, объемом 2,98 м<sup>3</sup>, в котором могут быть размещены два человека в положении лежа или шесть в положении сидя; и предкамеры, объемом 2,02 м<sup>3</sup>, позволяющей при необходимости многократно методом «шлюзования» доставить в отсек (вывести из отсека) барокамеры медицинского работника для оказания квалифицированной медицинской помощи заболевшему.

Газовой средой внутри барокамеры является воздух. Дыхание кислородом через маски с удалением остаточного выдыхаемого кислорода за пределы барокамеры не изменяет состава газовой среды в отсеке барокамере и тем самым обеспечивает высокую безопасность людей в отсеке при проведении сеанса гипербарической оксигенации.

В настоящее время барокомплекс ВМА им. С.М.Кирова успешно эксплуатируется по прямому назначению, а также для проведения профилактических и лечебно-реабилитационных мероприятий с целью защиты военнослужащих от коронавирусных инфекций.

Таким образом с возобновившимся процессом создания барокамер пониженного давления, барокамер

нового современного уровня, появляется уверенность в возможности уже в настоящее время осуществления качественного контроля за состоянием здоровья летного состава; выполнения комплекса мероприятий, связанных с технологиями подготовки и проведения полетов; проведения специальных испытаний и тренировок; обеспечения защиты от неблагоприятных факторов высоких полетов, а значит - сохранения, восстановления и поддержания физического и психического здоровья, профессиональной работоспособности и продления профессионального долголетия летного состава страны.

#### Литература:

1. **Гуго Глязер.** Драматическая медицина. Опыты врачей на себе. - М: Молодая гвардия. 1965. - с.65.
2. **Благинин, А.А. и др.** Основоположник научной школы авиационной медицины (к 120-летию со дня рождения М.П. Бресткина) // Вестник Российской Военно-медицинской академии. – 2016. – № 1 (53). – с. 268-270.
3. К истории отечественной авиационной психологии: Документы и материалы / Под ред. К.К. Платонова. М.: Наука, 1981.
4. **Благинин А.А. и др.** Медицинские аспекты безопасности полетов. // Авиационная и военно-морская медицина. – 2017, № 4. – с.51-52.
5. **Шишов А.А. и др.** Барокамерные подъемы как метод специального обследования летного состава государственной авиации. // Авиационная и военно-морская медицина. – 2014, № 4. – с.54,58.
6. **Пуляев М.Н., Кадетов С.Н.** Перспективы использования гипобарического барокамерного модуля «Эдельвейс» в контейнерном исполнении с системой объективного медицинского и технического контроля. // Вестник Центра боевого применения и переучивания летного состава морской авиации ВМФ. – Ейск - 2018, № 8/18, с.27-34.
7. **Кадетов С.Н.** Проблемные вопросы проведения барокамерных исследований и тренировок летного состава Морской авиации Военно-Морского флота. // Тезисы Всероссийской научно-практической конференции по истории военно-морской медицины. – Спб.: БМОЦ, 2019 – с.86-89.