

УДК 629.7.048:612.2

Разработка методики декомпрессионной безопасности на основе математической модели

Гвоздкова Ксения Викторовна^(*) kcgvozdkova@gmail.com
Матюшев Тимофей Викторович mtv4465@yandex.ru
Максимова Ирина Дмитриевна irina.semka2017@yandex.ru
Немцева Анастасия Сергеевна nemnastya@bk.ru

Московский авиационный институт, Москва, Россия

Аннотация. Статья посвящена проблеме прогнозирования риска возникновения высотно-декомпрессионной болезни и разработке безопасных режимов декомпрессии при выполнении высотного парашютирования. При расчете декомпрессионной безопасности был использован метод Дж. Холдейна. Также применена формула, аппроксимирующая экспериментальную кривую В.И. Чадова, для вычисления безопасной высоты полета. По результатам вычислительных экспериментов с применением разработанной математической модели были сделаны практические выводы, позволяющие усовершенствовать планирование будущего полета и открывающие перспективы для дальнейших исследований.

Ключевые слова: высотно-декомпрессионная болезнь, декомпрессионная безопасность, высотное парашютирование, математическое моделирование, безопасные режимы декомпрессии

Введение. Проблема прогнозирования риска высотно-декомпрессионной болезни (ВДБ) и разработка методики безопасных режимов декомпрессии является одной из важнейших в авиакосмической медицине. Применение математических моделей позволяет оценить безопасность декомпрессии при различных профилях полета и с разной продолжительностью десатурации организма. Целью работы является разработка методики прогнозирования безопасности декомпрессии на основе математической модели.

Материалы и методы; результаты. За базовую модель респираторной системы была принята модель Т.В. Матюшева [1]. Для оценки абсолютного насыщения организма азотом на каждом этапе полета была выбрана традиционная модель Дж. Холдейна [2]. Для описания таких этапов полета, как взлет и посадка, давление азота в альвеолярном воздухе вычислялось путем нахождения среднего арифметического значения напряжения азота в альвеолярном воздухе. Риск развития ВДБ определялся по формуле, аппроксимирующей кривую безопасного давления, определенную экспериментально [3, 4].

В первом вычислительном эксперименте результаты расчета показали, что первоначально взятый штатный профиль полета, используемый при подготовке летчиков-парашютистов, является небезопасным для человека и может повлечь за собой декомпрессионные расстройства.

Во втором эксперименте высота разгерметизации была снижена до безопасной, вычисленной в предыдущем эксперименте. Из полученных данных следует вывод, что изменение высоты разгерметизации не полностью гарантирует безопасность полета, но значительно снижает ее. Третий эксперимент был проведен с использованием первоначального профиля полета, но с применением десатурации с земли. Данный эксперимент доказывает практическую пользу десатурации при выполнении высотного парашютирования и дает основу для дальнейших исследований, в основе которых будет лежать зависимость безопасности полета от времени и высоты применения десатурации.

Заключение. Полученные результаты позволили определить условия возникновения ВДБ у парашютиста, определяемые безопасным давлением и высотой. Существенным результатом работы является разработка и обоснование модели прогнозирования риска ВДБ, которая может стать основой для методического и алгоритмического обеспечения анализа декомпрессионной безопасности. Значения параметров, полученные в вычислительных экспериментах, позволяют применить модель для дальнейших исследований по обоснованию медико-технических требований к выполнению высотного парашютирования.

Список источников

- [1] Матюшев Т.В., Дворников М.В., Петров М.А. Моделирование респираторных реакций организма человека при имитации падения барометрического давления в гермообъеме. *Пилотируемые полеты в космос*, 2021, № 1 (38), с. 89–106.
- [2] Смолин В.В., Соколов Г.М., Павлов Б.Н. *Декомпрессионная болезнь*. Калининград, Страж Балтики, 2010, 651 с.
- [3] Чадов В.И. *Экспериментально-теоретическое обоснование декомпрессионной безопасности внекорабельной деятельности экипажей пилотируемых космических объектов*. Автореф. дис. ... д-ра мед. наук. Москва, 2005.
- [4] Гвоздкова К.В., Немцева А.С., Лысяк Я.О., Матюшев Т.В. Анализ декомпрессионной безопасности при выполнении высотного парашютирования. *Гагаринские чтения. 51-я Междунар. молодежная науч. конф.: сб. тез.* Москва, Изд-во Перо, 2024, с. 428–429.