

Художник К.Ставрова

Сражение с дьяволом невесомости

Доктор технических наук
В.П.Селезнев

В прошлом номере журнала был опубликован фрагмент воспоминаний В.П.Селезнева (1919–2001) о том, как он попал в космонавтику и стал одним из первых специалистов по космической навигации. Ему же доверили обучать этому предмету первых космонавтов. Когда выяснилось, что у человека в невесомости нарушается восприятие окружающего пространства, специалисты начали разбираться, как и почему это происходит. Василий Петрович тоже стал работать в этом направлении. Он разработал метод функциональной идентификации, позволяющий сравнивать свойства и возможности технических устройств и органов живых существ (см. монографию: В.П.Селезнев, Н.В.Селезнева. Навигационная бионика. М.: Машиностроение, 1987). Это дало возможность лучше узнать свойства и функции органов, обеспечивающих ориентацию в пространстве и, в частности, разгадать причину иллюзий, возникающих в невесомости. Занятия с космонавтами, посвященные этой теме, обычно проходили в форме беседы, подобной той, что описана во второй части очерка.

Воспоминания были предоставлены для публикации дочерью В.П.Селезнева, доктором технических наук Н.В.Селезневой.



Эту фотографию первые космонавты подарили В.П.Селёзеву



СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ

Но место для аварийной посадки не было подготовлено, и корабль вместе с космонавтом мог погибнуть. Не решаясь самостоятельно принять столь ответственное решение, руководитель полета, посоветовавшись с членами госкомиссии, решил сообщить о случившемся в Москву – лично Никите Сергеевичу Хрущеву.

Никита Сергеевич срочно собрал своих соратников, чтобы посоветоваться. Предложение Л.И.Брежнева немедленно посадить корабль на Землю отвергли: сажать некуда, это самоубийство. Пока судили да рядили, у Никиты Сергеевича родилась «гениальная» идея.

– По-моему, – сказал он, – Герман просто испугался, и у него свихнулись мозги. Сейчас я это проверю.

Переключив связь с космическим кораблем на себя, Никита Сергеевич начал прямой разговор с Титовым.

– Герман, как ты себя чувствуешь? – спросил он.

– А кто со мной говорит? – задал встречный вопрос Титов. Узнав, что это говорит сам генеральный секретарь и глава государства, Титов сперва очень смутился, но потом доложил о своем критическом состоянии: – Схожу с ума, все кругом ломается, – сообщил он.

– По-видимому, дела на корабле совсем плохи, – заметил Хрущев своим соратникам, – а теперь я перехожу к делу.

Герман, – обратился он к космонавту, – ты у нас молодец и герой. Мы тут посоветовались и решили присвоить тебе звание Героя Советского Союза. Поздравляю тебя!

Услышав такую новость, Герман в первое мгновение опешил, а потом, повинувшись рефлексу воинской чести, прокричал в микрофон:

– Служу Советскому Союзу!

– Вот и молодец! – обрадовался Хрущев. – Ты в полном уме и здравии. Продолжай полет, а мы тебя с нетерпением ждем.

Он отключил свой телеканал, и его связь с кораблем прекратилась. В Центре управления полетом внима-

Полет Германа Титова

После успешного старта Ю.А.Гагарина началась подготовка второго полета в космос. Командиром экипажа космического корабля «Восток-2» был назначен Герман Степанович Титов, а его дублером – Андриан Григорьевич Николаев.

При подготовке полета возник вопрос: какой должна быть его продолжительность? В длительной дискуссии победило мнение Королева, которое поддерживали и космонавты – Титов и Николаев: полет должен быть суточным. Это предложение и было утверждено Военно-промышленной комиссией. Старт был назначен на 6 августа 1961 года. Космонавты прошли те же процедуры, что и перед полетом Гагарина. Утром перед взлетом – традиционный медосмотр, подготовка скафандров, затем поездка на автобусе к стартовой площадке и процедура торжественного рапорта председателю госкомиссии. После взлета и до выхода на космическую орбиту Герман Степанович пережил все виды силовых воздействий от перегрузок и вибраций корпуса ракеты. И вот наступила пора невесомости.

Первый виток длительностью в полтора часа прошел так же, как и у Гагарина, о чем Герман Степанович наряду с прочей информацией сообщил своему дублеру Николаеву. Дальше невесомость взяла свое: у космонавта возникло ощущение, что он летит вниз головой, и от этой иллюзии он не мог избавиться. Чтобы

как-то отвлечься, Титов начал кружиться в кресле, делать резкие движения головой, однако его состояние только ухудшилось. Обедать он не стал: ничего не хотелось. Попробовал попить сока черной смородины, но тот оказался очень приторным, и Германа вырвало. Капли, состоящие из желудочного сока и выпитой жидкости, начали летать по всей кабине. И тут Герману хоть немного повезло: они стали постепенно прилипать к стенкам.

Шел уже шестой виток (девятый час полета), а состояние его все ухудшалось. Усилилось головокружение, в голове, где-то за ушами, появились боли, обострились спазмы желудка, и ему показалось, что у него «выскочили кишки». Приглядевшись к окружающей обстановке, Герман заметил, что при покачивании головой у него в глазах не только все переворачивается, но и ломается – кабина превращается в хаос. «Неужели я схожу с ума?» – подумал он и на всякий случай решил посмотреть в окно иллюминатора на Землю – ведь она не может кувыркаться и ломаться?! К своему ужасу он увидел, что земной шар тоже начал коржиться и разрушаться. Не выдержав такого испытания, Герман решил сообщить на Землю о случившемся.

В Центре управления полетом сообщение Титова о том, что он тронулся умом из-за невесомости, вызвало панику. Что делать? Прекращать полет и сажать Германа на Землю?

тельно слушали разговор Хрущева с космонавтом, а потом, через некоторое время, решили проверить его самочувствие. Но у того уже прошел всплеск энтузиазма, и он опять был во власти кошмаров невесомости. Тогда вмешался врач, который на Земле наблюдал за состоянием здоровья Титова. Он попросил переключить канал радиосвязи с кораблем на него и приступил к оригинальной процедуре.

– Герман, скажи, тебя мать в детстве шлепала по голове или по попе?

Этот разговор удивил всех, кто был в Центре управления: при чем тут воспоминания детства?! Несколько секунд Герман тяжело дышал, а потом с обидой ответил, что его мать всегда любила и по голове не била.

– Ну, а по задней части неужели тебе не попадало? – продолжал спрашивать врач. – Это не шутка, а очень важное дело. Отвечай!

– Ну, иногда попадало, – сознался Герман.

– Вот и отлично! – обрадовался врач. – Жми к себе кресло к тому месту, по которому тебя лупили! Жми сильнее, как только можешь!

Подобная рекомендация поразила всех еще больше. Многие из присутствующих в Центре управления стали прижимать к себе кресла и стулья, на которых они сидели, но никаких чудес с ними не произошло. Из космоса по системе космической связи было слышно, как пыхтел Титов. Наконец послышались его слова:



В.П. Селезнев

– А ничего получается, как будто выпил стакан нарзана, в голове немного прояснилось. Спасибо за помощь.

– Продолжай в том же духе, – напутствовал врач, – все будет в порядке.

Судя по сигналам телескопических датчиков, закрепленных на теле космонавта, он очень устал и задремал. Через восемь часов сеанс связи с кораблем возобновился, Герман проснулся, и врач опять начал с ним переговоры:

– Герман, как ты себя чувствуешь?

– Ничего, немного лучше.

– А какие ощущения сохранились? – Как у тещи в гостях, – четко ответил Герман.

– Это интересно, – заметил врач. – А что же случилось у тещи?

– Выпил «ерша» – смесь коньяка с керосином! – ответил Герман. – А закуски не было.

– Все ясно, – удовлетворенно сказал врач. – Такой напиток вызывает большую рвоту и головокружение, как было у тебя. Раз закуски нет, то я предлагаю погрызть соленую воблу, – посоветовал врач. – Она лежит в пакете в нижнем ящике настенного шкафа.

Через минуту Титов принялся сокрушать воблу.

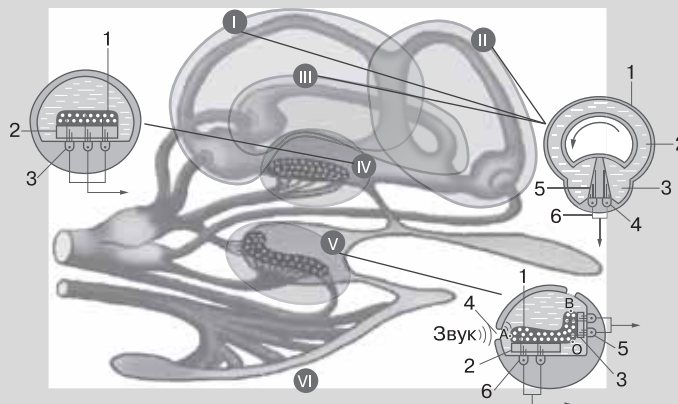
– Ничего лучше я никогда не пробовал! – сказал он.

С тех пор вяленая вобла стала непременной участницей всех космических полетов.

7 августа 1961 года полет «Востока» завершился, и Герман Степанович Титов приземлился около поселка Красный Кут Саратовской области. Во время посадки, спускаясь на парашюте, Герман увидел железную дорогу и поезд, который с большой скоростью приближался к месту его возможного приземления. Но все обошлось благополучно: он ударился о Землю и сделал два головокружительных кульбита недалеко от железнодорожного полотна. Корабль совершил 17 оборотов вокруг Земли и пролетел 25 часов 11 минут, установив тем самым мировой рекорд по

Датчики вестибулярного аппарата

Измерители угловых ускорений (полуокружные каналы – I, II, III) представляют собой полые каналы 1, заполненные жидкостью. При вращении головы вокруг оси, перпендикулярной плоскости канала (она же – измерительная ось датчика), жидкость стремится сохранить свое первоначальное положение, что вызывает ее движение относительно канала. В ампуле 3 располагается студенистая заслонка 5, закрепленная на упругих волосках. Движущаяся жидкость отклоняет ее от нейтрального положения. Рецепторные клетки 4 измеряют угол поворота заслонки, генерируют сигнал и передают его по нервным каналам 6 в мозг для обработки.



Схемы функционирования датчиков вестибулярного аппарата: полуокружных каналов I, II, III; отолитового датчика IV; отолитового датчика V. VI – слуховой аппарат

В каждом вестибулярном аппарате имеется три датчика угловых ускорений. Их измерительные оси ориентируются взаимно перпендикулярно друг другу, чтобы измерять полный вектор углового ускорения головы.

Измеритель линейного ускорения (утрикулус – IV). Чувствительным элементом этого датчика служит пластина 1, состоящая из тяжелых, прочно склеенных кристаллов – отолитов. Она лежит в горизонтальной плоскости на

дальности и длительности космических полетов.

После посадки и торжественной встречи Г.С.Титов подробно рассказал о своих переживаниях в невесомости. Было решено начать разносторонние исследования, чтобы преодолеть трудности, которые возникают у космонавтов в условиях полета. Тайна невесомости стала объектом пристального внимания ученых.

Не верь глазам своим

Разработанный для этого метод бионических исследований позволил выявить множество факторов и явлений, которые могли воздействовать на человека во время космического полета. Задачу облегчало то, что в космосе уже побывало много космонавтов, которые на себе испытали все «прелести» перегрузок и невесомости. Но их официальные отчеты о проделанной работе обычно содержали только формальные сведения, необходимые начальству, чтобы представлять полеты в космос как героический подвиг. Обо всех деликатных переживаниях человека в условиях невесомости, которые можно было истолковать как проявление человеческой слабости, плохой предполетной подготовки, малой пригодности к полетам и даже трусости, космонавты обычно умалчивали, чтобы не портить карьеры. Однако именно такая информация, раскрывающая физическую сущность переживаемых

студенистой прослойке 2, которая может легко скользить по основанию. Пластина и основание связаны волосками, выходящими из рецепторных клеток 3. При ускоренных линейных движениях головы отолитовая пластина смещается от своего нейтрального положения, и на выходе рецепторных клеток возникают сигналы, пропорциональные этому смещению. Измерительные оси рецепторов датчика имеют веерообразное расположение, вследствие чего он измеряет горизонтальную составляющую линейного ускорения.

Многофункциональный вестибулярный измеритель (саккулюс – V). Чувствительный элемент этого датчика – длинная изогнутая отолитовая пластина Г-образной формы (1). Ее большая часть (АО) располагается в боковой плоскости головы и поддерживается тонкими длинными упругими волосками 2, а меньшая часть (ОВ) – во фронтальной плоскости и подвешена на толстых коротких упругих волосках 3. Такой способ подвески пластины дает ей возможность совершать три вида

явлений, представляла особую ценность.

Мое желание получить все интересные и важные сведения из первых рук нашло ответный отклик. Космонавтам необходимо было разобрататься в чудесах и бедствиях космического полета, раскрыть непонятные и загадочные явления и осознанно, со светлой головой штурмовать звездный мир. Они охотно встречались со мною, часто сами организовывали неофициальные занятия и беседы, чтобы выяснить волнующие их вопросы, получить моральную поддержку или помощь. На многие вопросы у меня не было готовых ответов или решений. Приходилось искать их совместно. При этом я старался выполнять роль подсказчика или научно-методического руководителя. Подобные беседы превращались в своеобразную деловую игру или мозговой штурм, в котором сами участники ищут и находят оптимальное решение. Такая методика космонавтам очень нравилась, и мне тоже, она развивала их творческие возможности.

<...>

– А все-таки, почему, когда наступает невесомость, в наших глазах возникает всякие миражи и сплошная неразбериха? – спрашивали космонавты.

– Этот вопрос оказался для медицины наиболее сложным, – ответил я. – Чтобы на него ответить, пришлось внимательно изучить взаимо-

движений: поступательное в вертикальном направлении и колебательные вокруг осей АО и ОВ. Полость, где располагается саккулюс, соединена отверстием 4 со слуховым аппаратом, вследствие чего энергия звуковых колебаний через жидкость передается на отолитовую пластину и вызывает ее вибрацию.

Саккулюс имеет две функции: он служит датчиком линейных ускорений и угловых скоростей. При поступательном движении головы с ускорением в вертикальном направлении отолитовая пластина смещается от своего нейтрального положения, растягивая упругие волоски 3. Это вызывает появление на выходе рецепторных клеток 5 сигналов, характеризующих ускорение головы в вертикальном направлении.

При вращении головы вокруг вертикальной оси происходят изменения в колебаниях отолитовой пластины: упругие волоски 2 растягиваются и рецепторные клетки 6 вырабатывают сигналы, пропорциональные угловой скорости.



действие зрительной системы человека и его вестибулярного аппарата в условиях невесомости.

– Но какое они имеют отношение друг к другу? – удивились они. – Ведь наши глаза служат, чтобы видеть окружающий мир, а вестибулярный аппарат – только орган равновесия.

– И мы были вначале такого же мнения, но потом убедились, что эти органы сильно взаимосвязаны. Посмотрите на рисунок, где показана схема строения вестибулярного аппарата. Этот орган чувств по внешнему виду похож на орешек диаметром около сантиметра и весом всего один грамм. У человека два таких органа, они находятся в голове слева и справа в районе среднего уха. Внутри «орешка» мы видим удивительную картину: его малый объем разделен костными перегородками на пять частей, а в каждой расположен самостоятельный орган чувств.

– Неужели пять органов чувств? – удивились слушатели. – А нам в школе объясняли, что вестибулярный аппарат – это только орган равновесия.

– Действительно, среди них есть орган равновесия – отолитовый датчик IV (см. рисунок), но остальные четыре выполняют иные функции. Например, три полукружных канала I, II, III предназначены для измерения угловых ускорений движения головы. Оtolитовый датчик V, который преобладает по своей форме башмачок, подвешенный на волосках, и все время колеблется, выполняет две функции: указателя заданного направления и измерителя вертикальной составляющей ускорения.

– А почему этот башмачок все время качается?

– Это очень интересный вопрос. Движение создается под действием звука, идущего из слухового аппарата. Ведь «орешек» разместился около среднего уха, вот природа и воспользовалась органом слуха как источником энергии, чтобы чувствительные элементы вестибулярного аппарата лучше работали.

– А я не понял, что делает этот



«башмачок»? – спросил один из космонавтов.

– В технических системах функцию «башмачка» выполняет гироскопический указатель поворота. Если вы избрали какое-то направление для своего движения и выдерживаете его, то «башмачок» не выдает управляющих сигналов. Если вы меняете это направление или начнете крутить головой, то тут же получите сигнал об отклонении от заданного направления.

– А есть ли такой указатель поворота у других видов животных?

– Конечно, есть, – ответил я. – У всех млекопитающих, рыб и птиц есть такой «прибор», и даже у насекомых. <...>

Космонавты начали расспрашивать, как работает орган равновесия. Я объяснил, что по принципу действия он аналогичен маятнику. Однако природа реализовала его по-своему: чувствительный элемент у него выполнен в виде плоской кристаллической пластинки, удельный вес которой в три раза больше удельного веса окружающей жидкости (IV). Пластинка лежит на скользкой студенистой подушечке, между ней и основанием имеются упругие связи (волоски), которые воздействуют на нервные клетки при смещении пластинки от нейтрального положения. А в нервных клетках возникают сигналы, характеризующие линейное ускорение головы.

– Мне кажется, – заметил один из космонавтов, – этот орган чувств очень похож на плотничный уровень. При наклоне такого уровня пузырек воздуха в трубке смещается от нейтрального положения, и плотник определяет отклонение его изделия от горизонтальной плоскости.

– Совершенно верно, – одобрил я. – Именно этот орган чувств контролирует не только угловое положение головы, но и вертикальное положение всего тела.

– Но если тело человека будет двигаться в горизонтальном направлении с ускорением, то уровень отклонится от истинной вертикали. Что произойдет с человеком? – ехидно

спросил один из космонавтов.

– Ничего особенного, – парировал другой. – Сигналы этого органа заставят мускулы ног наклонить вертикальную ось тела. Человек не упадет, а примет более устойчивое положение.

– А в условиях невесомости что произойдет? – не унимался первый.

– Если сила веса исчезнет, то в первое мгновение отолитовая пластинка всплывет, так как силы упругости студенистой подушечки подбросят пластинку вверх. При этом чувствительные клетки дадут в мозг сигнал о том, что «низ» (куда до этого был направлен уровень) оказался сверху.

– Именно так со мной и случилось, – подтвердил космонавт. – Мне вдруг показалось, что при возникновении невесомости все перевернулось: низ оказался сверху. Но почему же и в глазах тоже все перевернулось и видимый мир стал «вверх ногами»?

– Вот теперь-то мы и перейдем к анализу взаимодействия зрительного анализатора с вестибулярным аппаратом, – сказал я. – Для начала проведем такой опыт. Сейчас наши тела прижимаются к полу, а маятники вестибулярных аппаратов показывают направление вертикали и горизонтальной плоскости. Прошу сесть прямо и установить голову вертикально. Посмотрите вокруг: вы видите, что пол этого помещения располагается горизонтально, а стены – вертикально. Нет возражений? – спросил я и, приняв общее молчание за согласие, продолжил: – Наклоните голову влево, а потом – вправо. Вы обнаруживаете, что окружающая обстановка сохраняет свое положение, несмотря на наклоны головы. Казалось бы, изображение, то есть световые сигналы от окружающих предметов на сетчатке глаз, тоже поворачивалось вместе с головой, а наше представление о внешнем мире – образы, формируемые в мозгу, – не изменилось. Почему так происходит? Потому, что вестибулярный аппарат, посылая сигналы в мозг, управляет угловым

положением картины, воспринимаемой глазами.

– Я вас понял, – прервал меня один из слушателей. – Если представить, что зрительная картина у нас в глазах – это экран телевизора, то маятник вестибулярного аппарата как-то стабилизирует корпус телевизора в горизонтальной плоскости.

– Удивительно правильная аналогия, – согласился я. – Именно ей я воспользуюсь в дальнейших рассуждениях. А теперь вернемся к нашей проблеме. Глаза расположены на некотором расстоянии друг от друга. Каждый из них воссоздает в мозгу свое плоское изображение, в зрительной коре мозга они совмещаются, и в результате получается представление об объеме предметов и их расположении. При этом поскольку каждый вестибулярный аппарат контролирует свой глаз, то объемное изображение получится только в том случае, если маятники ориентированы по одной и той же вертикали.

– Я начинаю догадываться! – воскликнул один из ребят. – Когда наступает невесомость и маятники переворачиваются, то есть наши телевизоры переворнутся, в мозгу возникнет представление о том, что внешний мир тоже стал вверх ногами.

– Но это еще не все, – поддержал его догадку другой. – Если вы будете при невесомости еще вращать или качать головой, то отолитовые пластинки вестибулярных аппаратов под действием центростремительных сил будут отклоняться в различные стороны и болтаться в такт с колебаниями головы. Что при этом произойдет?

– Если пользоваться той же аналогией, то наши телевизоры будут качаться в разные стороны, а их изображения в мозгу начнут совмещаться под разными углами и двигаться относительно друг друга. Получится полный ералаш, как это и случилось с нами при невесомости, – пришли к выводу слушатели.

