

УДК 681.51.012: 531.5

МОДЕЛИРОВАНИЕ ГРАВИТАЦИИ МАРСА И ЛУНЫ В УСЛОВИЯХ ОРБИТАЛЬНОГО ПОЛЕТА

Акулов В.А.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королёва
(национальный исследовательский университет), г. Самара

В перспективных программах пилотируемой космонавтики предусматриваются межпланетные миссии с длительным, до нескольких недель пребыванием людей на поверхности Марса и Луны. Такие миссии будут сопровождаться нарушениями единства систем «Человек – окружающая среда». В связи с этим возникает проблема отбора и тренировок экипажей в условиях, максимально приближенных к реальным, включая многообразие параметров гравитационной среды. Радикальное решение проблемы предложил Член - корреспондент РАН, космонавт В. В. Лебедев. Оно заключается в моделировании основных факторов межпланетных миссий в процессе длительного орбитального полёта, например, на МКС. При этом невесомость возникает естественным путём, а физическое моделирование гравитационных полей планет может быть осуществлено за счёт искусственной силы тяжести (ИСТ), создаваемой бортовой центрифугой с коротким радиусом (ЦКР).

Необходимо отметить, что ЦКР космического назначения ещё не проектировались и не испытывались. Более того, в настоящее время отсутствует методология, позволяющая решать эти задачи на ранних этапах проектирования, как это предусмотрено концепциями инновационной деятельности. Речь идёт о построении компьютерной модели управляемой ИСТ, ориентированной на сеансы вращения человека в условиях Космоса, позволяющей определить режимы имитации пониженной гравитации. Задача осложняется тем, что на ЦКР невозможно воспроизвести структуру поля Марса и Луны (однородность ускорения свободного падения). Как известно, поле ИСТ (центробежное ускорение) неоднородно, что следует из формулы

$$+G_z = \omega^2 r / g.$$

Здесь $+G_z$ – перегрузка, создаваемая ЦКР, ω – угловая скорость вращения, r – текущий радиус, g – ускорение свободного падения у поверхности Земли.

Очевидно, что если $0 \leq r \leq R$, то $0 \leq +G_z \leq +G_z^{\max}$, где R – периферийный радиус (около 2 м), а $+G_z^{\max}$ – максимальная перегрузка. Таким образом, перепад перегрузок вдоль радиуса возрастает от 0 до 100%, а величина и место приложения перегрузки становятся неопределёнными. Возникает задача обеспечения и оценки адекватности ИСТ (ЦКР) как физической модели естественной силы тяжести (ЕСТ: Марс, Луна, Земля). Решение задачи найдено в моделировании состояний человека, а не структуры гравитационного поля планет.

Важнейшим показателем состояния является давление крови, которое в условиях Земли (норма) определяется двумя факторами – насосной функцией сердца и гравитацией, создающей гидростатическое давление. В условиях невесомости второй фактор отсутствует, что приводит к снижению периферического давления примерно в два раза и негативным медицинским последствиям. На поверхности Луны и Марса гидростатическое давление существенно ниже нормы и составляет ~ 20% и 40%, соответственно. Следовательно, необходимо выбрать (рассчитать) такие режимы ω , а они зависят как от моделируемой планеты, так и антропометрических данных человека, которые обеспечивают восстановление утраченного давления. Это положение после согласования со специалистами по космической медицине было принято за основу при построении математической модели сложной системы «Человек – ЦКР». Основная трудность заключалась в учете нелинейности характеристик системы кровообращения.

Разработанные модели реализованы в виде специализированной информационно-аналитической системы (ИАС). На рис. 1 показан типовой экран системы. В приводимом примере, а он относится к человеку среднего роста (поле «Параметры испытуемого»), гравитация Луны моделируется в орбитальном полёте при частоте вращения $n_{л} \approx 13,6$ об/мин (поле «Режим вращения»). В пересчете на относительную величину, принимая за единицу режим моделирования гравитации Земли, получим: $\bar{n}_{л} \approx 0,41$, что существенно отличается от $\beta \approx 0,19$, где β – перегрузка на поверхности Луны. Указанную закономерность следует учитывать при проектировании и эксплуатации ЦКР космического назначения.

Аналогично определяется режим моделирования гравитации Марса. Выбор моделируемых планет (Земля, Луна, Марс), а, следовательно, их моделей, отличается простотой и сводится к маркировке соответствующей кнопки (см. область «Выбор моделируемой планеты»).

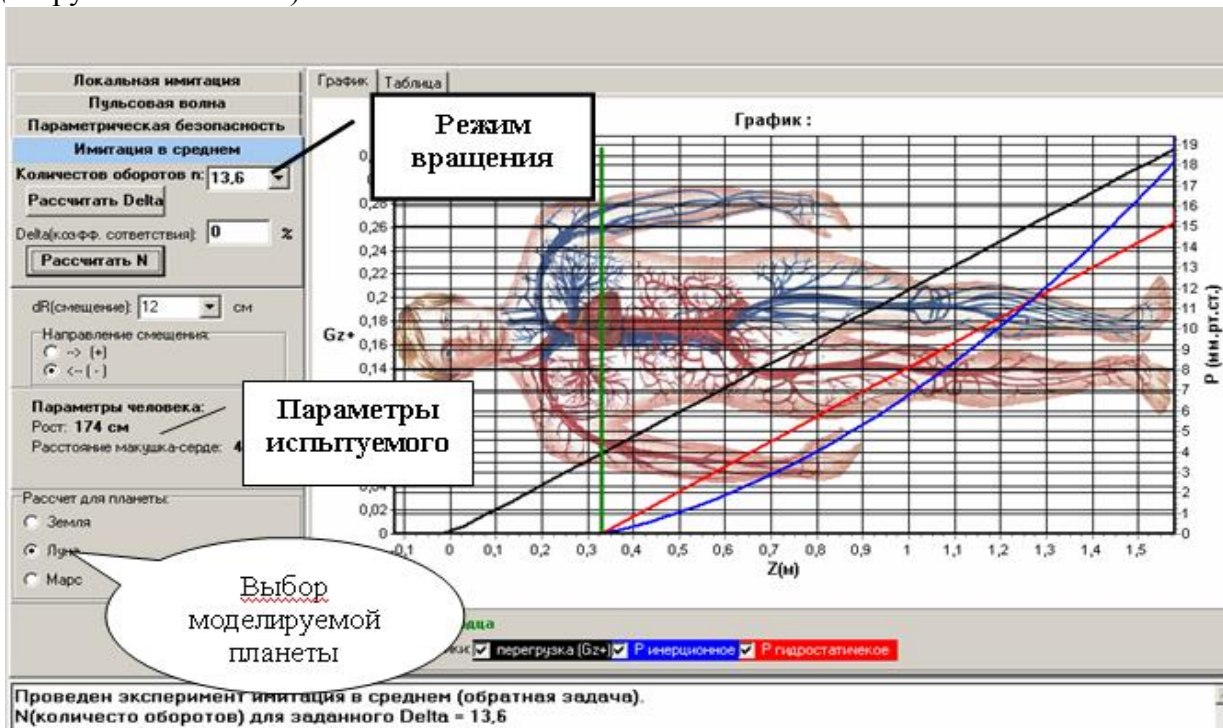


Рис. 1. Типовой экран ИАС в режиме моделирования гравитации Луны

С целью удобства и быстроты восприятия результатов моделирования, оформление экранов ИАС выполнено с применением приемов образной (когнитивной) графики. В их числе, анатомическая схема человека, которая служит смысловым фоном результатов решения задач и которая автоматически масштабируется в зависимости от исходных данных. Кроме того, состояние человека, которое оценивается по распределениям перегрузок, гидростатического и инерционного давлений, визуализируются в виде графиков, совмещённых с анатомической схемой. Графики автоматически масштабируются в зависимости от диапазона их изменения.

Заключение

Исследования являются приоритетными и их результаты могут быть применены при создании бортовой ЦКР и выполнении физического моделирования гравитации Марса и Луны в орбитальном полете, как, например, на МКС.