1317 p-9

NASA TECHNICAL MEMORANDUM NASA TM-77908

SPACECRAFT ARCHITECTURE

V.V. Zefel'd

Translation of "Arkhitektura kosmicheskikh ob'yektov," IN: Optimization of the professional activity of a cosmonaut, Nauka, Press, Moscow, 1977, pp. 187-191

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION
WASHINGTON D.C. 20546 MARCH 1986

(NASA-TM-77908) SPACECRAFT ARCHITECTURE (National Aeronautics and Space Administration) 9 p HC A02/MF A01 CSCL 22B N86-24736

Unclas
G3/18 43112

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

STANDARD TITLE PAGE

1. Report No. NASA TM-77908	2. Government Accession No.	3. Recipient's Catalog No.
4. Title and Subtitle SPACECRAFT ARCHITECTURE		5. Report Date March, 1986
		6. Performing Organization Code
7. Author(s) V.V. Zefel'd		8. Performing Organization Report No.
		10. Work Unit No.
9. Performing Organization Name and Address SCITRAN Box 5456 Santa Barbara, CA 93108		11. Contract or Grant No. NASw- 4004
		13. Type of Report and Period Covered Translation
12. Sponsoring Agency Name and Address National Aeronautics and Space Administration Washington, D.C. 20546		14. Sponsoring Agency Code

15. Supplementary Notes

Translation of "Arkhitektura kosmicheskikh ob'yektov," IN: Optimization of the professional activity of a cosmonaut (A78-13576), Nauka Press, Moscow, 1977, pp. 187-191 (A78-13592)

16. Abstract

Three requirements for a spacecraft interior are considered. Adequate motor activity in the anatomical-physiological sense results from attention to the anthropometric characteristics of humans. Analysis of work requirements is a prerequisite for the planning of adequate performance space. The space requirements for cognitive activity are also elucidated. The importance of a well designed interior during a long space flight is discussed.

17. Key Words (Selected by Author(s))	18. Distribution Statement Unclassified and Unlimited

19. Security Classif. (of this report) Unclassified	20. Security Classif. (of this page) Unclassified	21. No. of Pages 5	22. Price

SPACECRAFT ARCHITECTURE

V. V. Zefel'd

One of the means of optimization of the professional activity of the /187* operator cosmonaut is the architectural form of the spacecraft interior. The latter is in direct dependence with the specifics of the production-domestic functions performed by the crew members, as well as with the internal and external means of activity which they employ. Another factor which has a decisive effect on the character and expression of the architectural form of the interior is the building material of the spacecraft, which for the architect is a most complex objective organization subject to the principles of technical, design-technological, aerodynamic, ballistic, economic, and other such expediency. This objective organization has an extremely low level of plasticity, which hinders the development of an optimal architectural form of the interior.

The basis for a strictly architectural resolution of the craft is an analysis of the professional activity of the cosmonaut. The latter, as all types of activity, is performed in space and time. The functional space and time of activity of the cosmonaut present the basis for the volume-planning resolution of the craft and are strictly limited by the duration of the flight and the dimensions of the habitable compartments. Thus, the optimization of the functional space and time of activity of the cosmonaut may be realized by means of segmenting previously limited values of time and habitable volume.

Such segmentation is widely implemented by medical biologists only along a temporal parameter (regimen of work and rest, sequence of work operations, etc.). We proposed the segmentation of the limited habitable space. The basis for this segmentation was the data on the dimensions and geometrical

* Numbers in margins indicate foreign pagination.

form of man's motor field (Zefel'd, Salmanov, 1973). Along with this, the /188
functional time is organically inseparable from the functional space: every temporal form has sense only with its corresponding spatial form, and vice versa. The absence of this unity has a negative effect on the reliability and effectiveness of the cosmonaut's work.

The experimental data which we obtained (Zefel'd, 1974) shows that the absolute values of time for visual recognition of a signal and for reaching the signal source with the hand may vary depending on the geometrical form, dimensions and spatial location of the work zone of the motor activity field. Experimental data also show that the minimum time for manifestation of qualitatively different functions (for example, the function of correlating an indicator with its corresponding organ of control, the function of reproducing previously perceived signals, etc.) falls on various sections of space in the motor field, which also have different dimensions and geometric form.

From this we may conclude that in the spatial-temporal organization of the interior as a whole and the work station in particular we must reject the practice of synonymous merging of means of indication, organs of control, and instruments into the central part of the motor field. Rather, we must approach the solution of this question in a differentiated manner, depending on the internal means of activity which have been activated (one of the above listed external means of activity should be located in the center of the motor field, and the others--on the periphery).

The existing tendency toward merging the external means of activity into the central part of the motor field (i.e., that which we call compactness of the work space) is manifested in the desire to reduce so-called excess

movements and trajectories for the purpose of increasing labor effectiveness. However, with this approach, the person is understood only as a performing mechanism whose actions are devoic of a psychologically presented problem. In other words, we may say that with this approach, the surrounding space is reflected in his central nervous system in the form of projections of mere muscles and articulations of his body. However, as early as the 30's, the leading Soviet physiologist H. A. Bernshteyn (1966) wrote that the fact of presence in the upper section of the central nervous system of a projection specifically of space, and not muscles and not articulations, seems more probably to him now than anything else. From this affirmation by N. A. Bernshteyn we may conclude that for optimization of the performance activity of man at the work station, it is necessary to have spatial provision not only for the motor activity of the skeletal-muscular apparatus, but also spatial provision of the optimal course of mental processes which give rise to the given motor activity.

At the same time, the latter problem (spatial provision for an optimal /189 course of mental processes) has practically not been developed in science. From the few comments which are available on this topic, we would like to cite the opinion of N. A. Bernshteyn (1966) regarding the fact that the projection of external space in the upper motor center of the brain must be congruent with the external space, but congruent only topologically, and not metrically. As we understand, from this concept by N. A. Bernshteyn we may conclude that in order to ensure the optimal course of the above-mentioned mental processes, it is necessary to transform the space of biodynamic activity of the skeletal-muscular apparatus of the human body, and not so much metrically as topologically (qualitatively). All this indicates the inconsistency of

the approach to the spatial organization of the work station from the standpoint of economy of movement and consolidation of the external means of activity merely to the central part of the motor field.

Considering the shortcomings of the existing approach to the spatial organization of the work stations and the interior as a whole, we may propose the implementation of the development of an architectural form of a spacecraft in three directions: ensuring motor activity (anatomical-physiological direction), ensuring performance activity, and ensuring cognitive activity.

The first direction requires that the organized space correspond to the anthropometric characteristics of the person and the spatial-temporal provision of manifestations of his motor activity and physiological needs. Thus, for example, we must consider man's need to "throw off" muscle fatigue by means of periodic change in work posture and body position, stretching, and other body and body part movements which are not rational for productive functions. For the spatial organization of the work station and the interior as a whole this means, for example, that the apex of the optimal angle of vision must be located not at a specific point, but at a specific spatial sphere of eye movement.

The spatial-temporal provision of the performance activity of cosmonauts is associated with optimization of the manifestation of production-domestic functions under conditions of transformations of trajectories of movement associated with incongruence and overloads on the active sections of the ship's flight. Here it is at once necessary to guard against a mechanistic approach to establishing spatial parameters of the work station and the interior based solely on the anthropometric data and the so-called zones of accessibility. Since our movements are objectively organized and, in performing

one movement or another, a man solves a certain psychologically presented problem, the spatial parameters of the work station or interior on the whole must determine the functional work space, whose pivotal point is not so much /190 the biomechanical peculiarities of the motor activity as the internal mental means of activity presented in the upper section of the central nervous system in the form of a functional motor organ. The latter circumstance, in particular, requires a slightly larger space from the functional work area than does the realization of the specifically goal-oriented movement, i.e., the presence of operative space. The size, geometry and architectonics of such operative space require special presentation.

A peculiarity of the spatial-temporal provision of the cognitive activity is not so much the provision of a physical space for the manifestation of this type of vital activity as the development of a system of means and methods to facilitate the cosmonaut's inclusion into the body scheme the space of the ship and the space of the studied sphere of space.

Inclusion into the body scheme of the ship means: on one hand, the expansion of the perceptive space beyond the limits of natural boundaries of the objectively-organised sensomotor field to the entire depth of the ship, which is at the same time a machine and a habitation environment. On the other hand, it engenders in the cosmonaut's consciousness a clear understanding of the volume planning resolution of the ship's interior. The first is achieved by means of organization of a system of means of indication and organs of control in the interior, and the second--by means of creating a firm architectonic structure for the volume-planning resolution of the interior. The just proportion of the architectonic structure is stressed by the supplementary means of architectural composition (geometric form, lighting, color scheme, etc.),

which give different sections of this structure their aesthetic expression.

Including the spatial body into the scheme of the studied sphere of space means the distribution of internal and external means of activity to this sphere, i.e., the attempt toward anthropocentrization of an environment which is foreign to human nature. The solution of this problem is also achieved by means of organization of the technical system of means of indication which, by its class, sharply differs from the means of indication of the state of technical systems of life support and control of the ship. Such a system of indication sooner presents a set of external means of recognizing the new (telescope, spectrometer etc.), i.e., that which is still unknown, and consequently that which does not have at the moment of its discovery any information on formulated internal means of activity. The latter circumstance forces us to focus more attention on the form of representation of the information which is taken from the studied portion of space. This form must be customary, i.e., capable of accepting already available internal means of activity which most closely approximate the essence of the object of study. Such a form of representation of information, as we have already noted above, must be congruent not in a metric, but in a topological plan. The problematic nature of this formulation of the question requires further analysis of the existing practice of conquering space.

The consideration of the above presented principles of spatial provision of the cosmonaut's activity in working out a volume-planning resolution of the interior of the spacecraft will undoubtedly increase the reliability and effectiveness of the work of the crew members in future flights.

LITERATURE

1. Bernshteyn, N. A. "Ocherki po fiziologii dvizheniy i fiziologii aktivnosti" [Outlines on the Physiology of Movement and the Physiology of Activity], M., "Meditsina", 1966.

3. Zefel'd, V. V. On the non-uniformity of the visual-motor field. In: Problems of Engineering Psychology and Ergonomics, Vol 2 (Materials of the IV All-Union Conference on Engineering Psychology and Economics). Moscow, VNIITE, 1974.

3. Zefel'd, V. V., Salmanov, L. P. Psychophysiological aspects of the segmentation of habitable compartments. KOSMICHESKAYA BIOLOGIYA I MEDITSINA, 1973, No 1.

Ames

+M17908
(315-191)

c03 18

assign

A78-13592 Spacecraft architecture (Arkhitektura kosmicheskikh ob'ektov). V. V. Zefel'd. In: Optimization of the professional activity of a cosmonaut. (A78-13576 03-53) Moscow, Izdatel'stvo Nauka, 1977, p. 187-191 In Russian.

Three requirements for a spacecraft interior are considered. Adequate motor activity in the anatomical-physiological sense results from attention to the anthropometric characteristics of humans Analysis of work requirements is a prerequisite for the planning of adequate performance space. The requirements for cognitive activity are also elucidated. The importance of a well-designed interior during a long space flight is discussed. M.L.

N86-24736

This Abstract Published in
INTERNATIONAL AEROSPACE ABSTRACTS
Issued by
TECHNICAL INFORMATION SERVICE
AMERICAN INSTITUTE OF AERONAUTICS AND ASTRONAUTICS, INC.
750 THIRD AVENUE, NEW YORK, N.Y. 10017

A18-135-92

АРХИТЕКТУРА КОСМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

В. В. Зефельд

Одним из средств оптимизации профессиональной деятельности космонавта-оператора является архитектурная форма интерьера космического объекта. Последняя находится в прямой зависимости от специфики осуществляемых членами экипажа производственно-бытовых функций, а также от применяемых ими внутренних и внешних средств деятельности. Другой фактор, решающим образом сказывающийся на характере и выразительности архитектурной формы интерьера — строительный материал космических объектов, который является для архитектора сложнейшей предметной организацией, подчиняющейся принципам технической, конструктивно-технологической, аэродинамической, баллистической, экономической и тому подобной целесообразности. Эта предметная организация обладает чрезвычайно низким уровнем пластичности, что затрудняет выработку оптимальной архитектурной формы интерьера.

Базой собственно архитектурного решения объекта является анализ профессиональной деятельности космонавта. Последняя, как и все виды деятельности, осуществляется в пространстве и во времени. Функциональное пространство и время деятельности космонавта представляет собой основу объемно-планировочного решения объекта и жестко ограничено продолжительностью полета и размерами обитаемых отсеков. Таким образом, оптимизация функционального пространства и времени деятельности космонавта может быть осуществлена путем членения заранее ограниченных величин времени и обитаемого объема.

Такое членение широко осуществляется медико-биологами лишь по временно́му параметру (режим труда и отдыха, последовательность рабочих операций и т. п.). Нами было предложено членение ограниченного обитаемого пространства. В его основу были положены данные о размерах и геометрической форме мотор-

ного поля человека (Зефельд, Салманов, 1973). Вместе с тем функциональное время органически неотделимо от функционального пространства: каждая временна́я форма имеет смысл только при соответствующей ей пространственной форме, и наоборот. Отсутствие этого единства отрицательно сказывается на надежности и эффективности труда космонавта.

Полученные нами экспериментальные данные (Зефельд, 1974) показывают, что абсолютные величины времени визуального обнаружения сигнала и достижения источника сигнала рукой различны в зависимости от геометрической формы, размеров и пространственного расположения рабочей зоны моторного поля. Экспериментальные данные показывают также, что минимум времени проявления качественно различных функций (например, функция соотнесения индикатора с соответствующим ему органом управления, функция воспроизведения ранее принятых сигналов и т. п.) падает на различные участки пространства моторного поля, также имеющих различный размер и геометрическую форму.

Из сказанного выше можно сделать вывод, что при пространственно-временно́й организации интерьера в целом и рабочего места в частности следует отказаться от практики однозначного стягивания средств индикации, органов управления, инструментов в центральную часть моторного поля, а подходить к решению этого вопроса дифференцированно, в зависимости от активируемых внутренних средств деятельности (одни из перечисленных выше внешних средств деятельности располагать в центре моторного поля, а другие — на периферии).

Существующая тенденция к стягиванию внешних средств деятельности в центральную часть моторного поля (т. е. то, что мы называем компактностью рабочего места) проявляется в стремлении к сокращению так называемых лишних движений и траекторий с целью повышения эффективности труда. Однако при таком подходе человек понимается только как исполнительный механизм, действия которого лишены психологически представленной задачи. Иными словами, можно сказать, что при таком подходе окружающее пространство отражено в его центральной нервной системе в виде проекции лишь мышц и сочленений его тела. Однако еще в 30-е годы крупнейший советский физиолог Н. А. Бернштейн (1966) писал, что факт наличия в верховном отделе центральной нервной системы проекции именно пространства, а не мышц и не сочленений представляется ему сейчас более вероятным, чем что бы то ни было другое. Из этого высказывания Н. А. Бернштейна можно сделать вывод, что для оптимизации исполнительной деятельности человека на рабочем месте требуется пространственное обеспечение не только двигательной активности скелетно-мышечного аппарата, но и пространственное обеспечение оптимального протекания психических процессов, порождающих данную двигательную активность.

Вместе с тем последняя проблема (пространственное обеспе-

чение оптимального протекания психических процессов) в науке практически не разработана. Из немногих высказываний, имеющихся на эту тему, нам хотелось бы привести высказывание Н. А. Бернштейна (1966) о том, что проекция внешнего пространства в верховном моторном центре мозга должна быть конгруэнтной с внешним пространством, но конгруэнтной только топологически, а совсем не метрически. Как нам представляется, из этой мысли Н. А. Бернштейна можно сделать вывод о том, что для обеспечения оптимального протекания вышеназванных психических процессов требуется трансформировать пространство биодинамической активности скелетно-мышечного аппарата тела человека, причем не столько метрически, сколько топологически (качественно). Все это указывает на несостоятельность подхода к пространственной организации рабочего места с позиций экономии движений и стягивания внешних средств деятельности лишь в центральную часть моторного поля.

Учитывая недостатки существующего подхода к пространственной организации рабочих мест и интерьера в целом, можно предложить осуществлять разработку архитектурной формы космических объектов по трем направлениям: обеспечение двигательной активности (анатомо-физиологическое направление), обеспечение исполнительной деятельности и обеспечение познавательной деятельности.

Первое направление требует от организованного пространства его соответствия антропометрическим характеристикам человека и пространственно-временнóго обеспечения проявлений двигательной активности и физиологических потребностей. Так, например, следует учитывать потребность человека «сбрасывать» мышечное утомление путем периодического изменения рабочей позы и положения тела, потягиваний и прочих нерациональных для производственных функций движений тела и его частей. Для пространственной организации рабочего места и интерьера в целом это означает, что, например, вершина оптимального угла зрения должна располагаться не в конкретной точке, а в конкретной пространственной области колебаний глаз.

Пространственно-временнóе обеспечение исполнительной деятельности космонавтов связано с оптимизацией проявления производственно-бытовых функций в условиях трансформации траекторий движений, связанной с невесомостью и перегрузками на активных участках полета корабля. Здесь сразу необходимо предостеречь от механического подхода к установлению пространственных параметров рабочего места и интерьера только на основе антропометрических данных и так называемых зон досягаемости. Так как наши движения предметно организованны и, выполняя то или иное движение, человек решает ту или иную психологически представленную задачу, пространственные параметры рабочего места или интерьера в целом должны определять функциональное рабочее пространство, стержнем которого являются

не столько биомеханические особенности двигательной активности, сколько психические внутренние средства деятельности, представленные в верховном отделе центральной нервной системы в виде функционального подвижного органа. Последнее обстоятельство, в частности, требует от функционального рабочего пространства несколько большего размера, чем для реализации собственно целенаправленного движения, т. е. наличия оперативного пространства. Размер, геометрия и архитектоника такого оперативного пространства требуют специального изложения.

Особенностью пространственно-временнóго обеспечения познавательной деятельности является не столько обеспечение физическим пространством проявления этого вида жизнедеятельности, сколько разработка системы средств и методов, облегчающих космонавтам включение в схему тела пространства корабля и пространства исследуемой области космоса.

Включение в схему тела корабля означает: с одной стороны, расширение перцептивного пространства за пределы естественных границ предметно-организованного сенсомоторного поля на всю глубину корабля, являющегося одновременно и машиной, и средой обитания; с другой стороны, рождает в сознании космонавта четкое представление об объемно-планировочном решении интерьера корабля. Первое достигается путем организации в интерьере технической системы средств индикации и органов управления, второе — путем создания стройной архитектонической структуры объемно-планировочного решения интерьера. Стройность архитектонической структуры подчеркивается дополнительными средствами архитектурной композиции (геометрическая форма, освещение, цветовое оформление и т. п.), придающими различным участкам этой структуры эстетическую выразительность.

Включение в схему тела пространства исследуемой области космоса означает распространение внутренних и внешних средств деятельности на эту область, т. е. стремление к антропоцентрализации чуждой человеческой природе среды. Решение данной проблемы также достигается путем организации технической системы средств индикации, которая, однако, по своему классу резко отличается от средств индикации состояния технических систем жизнеобеспечения и управления кораблем. Такая система индикации скорее представляет набор внешних средств познания нового (телескоп, спектрометр и т. п.), т. е. еще неизвестного, а следовательно, не имеющего в момент обнаружения информации сформированных внутренних средств деятельности. Последнее обстоятельство заставляет обратить большее внимание на форму представления информации, принимаемой из исследуемой области космоса. Форма эта должна быть привычной, т. е. могущей подключить уже имеющиеся внутренние средства деятельности, наиболее приближенные к сути исследуемого. Такая форма представления информации, как это уже отмечалось выше, должна быть контру-

энтной не в метрическом, а в топологическом плане. Проблематичность такой постановки вопроса требует дальнейшего анализа существующей практики освоения космоса.

Учет приведенных выше принципов пространственного обеспечения деятельности космонавта при разработке объемно-планировочного решения интерьера космического корабля несомненно повысит надежность и эффективность труда членов экипажа в предстоящих полетах.

ЛИТЕРАТУРА

Бернштейн Н. А. Очерки по физиологии движений и физиологии активности. М., «Медицина», 1966.

Зефельд В. В. О неоднородности зрительно-моторного поля.— В сб.: Проблемы инженерной психологии и эргономики, вып. 2 (Материалы IV Всесоюзн. конф. по инженерной психологии и экономике). М., изд. ВНИИТЭ, 1974.

Зефельд В. В., Салманов Л. П. Психофизиологические аспекты компоновки обитаемых отсеков.— «Космическая биология и медицина», 1973, № 1.