

УДК 001.89

## АНАЛИЗ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СТРУКТУР НИОКР И ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА НА ПРИМЕРЕ ПРОЕКТА ИТЭР

© 2023 В. В. Пряников, И.Ю. Родин, П.Ю. Чайка

АО «НИИЭФА» им. Д.В. Ефремова, г. Санкт-Петербург, Россия

Статья поступила в редакцию 29.05.2023

Объектом исследования в настоящей статье является проект международного термоядерного экспериментального реактора – ИТЭР, строительство которого осуществляется на побережье Средиземного моря во Франции, цель которого демонстрация энергии Солнца на поверхности Земли. Статья состоит из следующих глав: введения, международный вклад в проект ИТЭР, теоретические аспекты организационных структур, обзор организационных структур домашних агентств для организации НИОКР составных частей ИТЭР и заключение.

*Ключевые слова:* организация НИОКР, организация производства, ИТЭР, организационная структура, управление проектом.

DOI: 10.37313/1990-5378-2023-25-4-64-70

EDN: PVLQUI

### ВВЕДЕНИЕ

ИТЭР – международный проект по строительству термоядерного экспериментального реактора. Цель реализации проекта – демонстрация возможности безопасного получения электроэнергии на основе синтеза изотопов водорода, дейтерия и трития, которые под воздействием высокого вакуума и температуры синтезируются в гелий и нейтронный поток с высвобождением значительного количества энергии. С целью создания условий для протекания данной термоядерной реакции необходимо обеспечить высокочастотный нагрев водородного топлива и удержание плазмы. В связи с тем, что плазма представляет собой четвертое агрегатное состояние вещества в виде облака электронов, для их удержания используется электромагнитное поле, обеспечиваемое магнитной системой в условиях тороидальной вакуумной камеры с вспомогательными системами.

ИТЭР – это симбиоз научных знаний и технологий, доступных человечеству на данный момент, возможность обуздать Солнце на поверхности Земли. К слову сказать, строительство ИТЭР осуществляется на солнечном побережье Франции в городе Кадараш на берегу Средиземного моря. Место было выбрано коллегиально 35

*Пряников Вячеслав Владимирович, руководитель проекта ИТЭР. SPIN-код: 5861-3709.*

*E-mail: pryankov@sintez.niiefa.spb.su*

*Родин Игорь Юрьевич, кандидат технических наук, советник генерального директора по термоядерным и магнитным технологиям. E-mail: rodin@sintez.niiefa.spb.su*

*Чайка Павел Юрьевич, кандидат технических наук, начальник научно-исследовательской теоретической лаборатории надёжности и безопасности.*

*E-mail: chaikap@sintez.niiefa.spb.su*

странами-участниками, занятыми в организации научно-исследовательских и опытно-конструкторских работах (далее – НИОКР) и в организации производства большой номенклатуры специального оборудования, которое должно быть поставлено на площадку строительства ИТЭР для окончательной сборки и ввода в эксплуатацию [1].

### МЕЖДУНАРОДНЫЙ ВКЛАД В ПРОЕКТ ИТЭР

Каждая страна-участник и объединённая группа стран Европейского союза (далее – ЕС) представляют собой соответствующее домашнее агентство (далее – ДА). В реализации проекта ИТЭР принимают участие семь ДА по всему миру: ДА ЕС, Китая, Индии, Японии, Южной Кореи, Российской Федерации (далее – РФ) и Соединённых Штатов Америки (далее – США). Вклад ДА ЕС в ИТЭР – 45,46%, остальных ДА – по 9,09% в денежной и натуральной форме. Общее число систем, структур и компонентов – составных частей (далее – СЧ) ИТЭР насчитывает 40 групп специального оборудования, требования к которому определены в соглашениях о поставке между Международной организацией ИТЭР (далее – МО ИТЭР) и соответствующим ДА [2, с.18]. В таблице 1 представлена информация об участии ДА ЕС, Китая, Индии, Японии, Южной Кореи, РФ и США (обозначено знаком «X») в организации НИОКР и производстве как минимум СЧ ИТЭР [3, 4, 5, 6, 7, 8, 9].

Разрабатываемые и производимые СЧ ИТЭР классифицируются как важные для безопасности компоненты (аббревиатура на английском – SIC – Safety Important Components), подразделяемые на четыре класса безопасности:

**Таблица 1** – Карта распределения участия ДА в организации НИОКР и производстве систем, структур и компонентов (СЧ) ИТЭР

Обобщённое наименование системы, структуры или компонентов	ЕС	Китай	Индия	Япония	Южная Корея	РФ	США
Бланкет	X	X				X	
Вакуумная система	X						
Вакуумный сосуд	X				X	X	
Внешние службы	X						
Внутрикорпусные катушки	X				X		X
Встроенная система контроля	X						
Дивертор	X			X		X	
Инфраструктура вне площадки строительства	X						
Ионно-циклотронный источник питания			X				X
Испытательные установки для порт-плагов						X	
Кабель-каналы	X						
Комплекс горячих элементов	X						
Криогенная установка	X		X				
Криостат			X				
Магнитная система	X	X		X	X	X	X
Объекты, расположенные на площадке	X						
Сборка токамака и инструмент для сборки	X	X			X		X
Семиэтажное сооружение из железобетона (здание токамака)	X						
Система водяного охлаждения			X				X
Система диагностики плазмы	X				X		
Система дистанционного управления	X			X			
Система заправки топливом и кондиционирования стен	X	X					X
Система контроля доступа и безопасности	X						
Система нагрева нейтральным пучком	X			X			
Система нагрева нижнего гибридного	X						
Система обработки и хранения радиоактивных отходов	X						
Система подавления давления в вакуумном сосуде			X				
Система подачи и распределения питания катушек магнитного поля		X			X	X	
Система радиологического и экологического мониторинга	X						
Система распределения жидкости и газа	X						
Система управления, доступа к данным и коммуникациям	X	X	X	X	X	X	X
Система центральной блокировки	X	X	X	X	X	X	X
Системы диагностики	X	X	X	X	X	X	X
Сооружение на стальной раме	X						
Стационарная сеть электроснабжения	X						X
Теплозащитные экраны (между магнитами и вакуумным сосудом)					X		
Тестовые модули бланкета	X	X	X	X	X		X
Установка по размножению трития				X	X		
Центральная система безопасности	X						
Электронно-циклотронный источник питания	X		X	X		X	X





Рисунок 2 – Организационная структура международной организации ИТЭР

Организационная структура ДА ЕС сформирована семью звеньями прямого подчинения директору, одно из них в горизонтальной плоскости представлено службой внутреннего аудита, шесть других по вертикали представлены административной, коммерческой службой, службой управления проектом и общими вопросами, а также двумя звеньями, в зоне ответственности которых находятся НИОКР в рамках СЧ ИТЭР.

В случае с ДА ЕС нелишним будет отметить, что всего семь звеньев их организационной структуры обеспечивает выполнение НИОКР странами Европы, обеспечивая почти 50% вклад в проект ИТЭР [14].

Организационная структура ДА Китая имеет 5 звеньев и относится к функциональному типу структуризации, каждое из которых имеет свои чётко определённые задачи, права и ответственность: административное управление, управление инженерного обеспечения проекта, управление НИОКР, управление международно-сотрудничества и проектом [15].

Организационная структура ДА Индии объединяет 11 звеньев управления: по горизонтали – 1 звено, по вертикали – 10 звеньев прямого подчинения директору проекта ДА. Шесть из десяти звеньев объединены в особую проектную структуру, в которую вошли

два директора по управлению проектом и четыре старших менеджера проекта. Остальные четыре звена заняты в сферах финансового и интеллектуального консультирования, в вопросах обеспечения качества и безопасности и механики [16].

В состав организационной структуры ДА Японии входит 13 звеньев прямого подчинения руководителю, заместителю руководителя и сотруднику администрации ДА: по горизонтали – 1 звено – ответственный за качество, по вертикали – 12 звеньев. Два звена из двенадцати – это службы, ответственные за управление проектом и за приём на работу сотрудников, остальные звенья – элементы структуры, осуществляющие НИОКР по СЧ ИТЭР, в том числе на испытательных установках [17].

Проект ИТЭР в ДА Южной Кореи входит в компетенцию KFE (здесь и далее аббревиатура – Korea Institute of Fusion Energy, перевод с английского языка – Корейское Научно-Исследовательское Учреждение по термоядерной энергии) под высшим руководством президента KFE. Звено организационной структуры – ИТЭР Корея – одна из задач KFE наравне со строительством в Южной Корее сверхпроводящего токамака KSTAR и иными проектами, находящимися в ведении центра НИОКР в сфере термоядерной энергии. Во главе звена ИТЭР Корея стоит генеральный директор, в

прямом подчинении которого отдел управления качеством, отдел управления проектом ИТЭР, главный менеджер и технический департамент, занимающийся инженерно-техническими работами по СЧ ИТЭР [18].

Организационная структура ДА РФ состоит из блока администрации, состоящего из 3 звеньев: заместителя директора по административным вопросам – финансового директора, заместителя директора по организационным вопросам и заместителя директора по техническим вопросам; из 2 звеньев, выполняющих функции контроля качества и объединённые функции бухгалтерии, работы службы управления кадров, казначейства, отдела персонала и международной системы финансовой отчётности; из 2 обособленных звеньев в лице начальника отдела технического обеспечения и начальника отдела нейтронной и спектроскопической диагностики. Всего в ДА РФ – семь звеньев. Структурные элементы отделов – секторы с численностью до 10 человек, занимающихся работами в рамках СЧ ИТЭР в Частном Учреждении Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом» «Проектный центр ИТЭР» – ДА РФ, осуществляющего организацию НИОКР по средствам привлечения головных исполнителей по отдельным СЧ ИТЭР [8].

Организационная структура ДА США представлена большим числом горизонтальных и вертикальных связей. Во главе ДА США находится директор проекта, исполнительный ассистент, менеджер проекта, помощник менеджера проекта, помощник по административной работе – это всё одно управляющее звено ДА США, в прямом подчинении которого находится 6 звеньев по вертикали: главный инженер, вир-

туальная лаборатория, организация США по за- жиганию плазмы и функция контроля качества, охраны труда, окружающей среды и техники безопасности, старший советник и функция взаимодействия с заинтересованными сторонами. Горизонтальное разделение труда представлено 3 звеньями, в подчинении двух из которых элементы, названные в соответствии с СЧ ИТЭР, находящихся в зоне ответственности США [19].

С целью определения количества потенциальных контактов (взаимосвязей) руководителя ДА, занятого в организации НИОКР, используем формулу Грайчунаса (1):

$$C = n \times \left( \frac{2^n}{2} + n - 1 \right), \quad (1)$$

где  $C$  – количество потенциальных контактов,  $n$  – количество подчинённых [10, с.41-44].

В таблице 2 представлены результаты анализа организационных структур ДА, занятых в организации НИОКР и производстве СЧ ИТЭР: количество звеньев прямого подчинения руководителю соответствующего ДА, количество его потенциальных контактов, определённых по формуле (1) и количество перекрёстных СЧ ИТЭР, находящихся в зоне ответственности как минимум указанных ДА ИТЭР.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Обеспечение вклада ДА стран-участников в проект ИТЭР неразрывно связано с обеспечением качества и управлением проектом: почти все ДА выделяют в своих организационных структурах названные функции наравне со структурными подразделениями, занятыми организацией и выполнением НИОКР по темам СЧ ИТЭР.

Таблица 2 – Результаты анализа организационных структур ДА ИТЭР

Наименование ДА	Количество звеньев прямого подчинения	Количество потенциальных контактов	Число СЧ, в отношении которых принимается участие
МО ИТЭР	8	1080	40
ДА ЕС	7	490	32
ДА Китая	5	100	9
ДА Индии	11	11374	10
ДА Японии	13	53404	10
ДА Южной Кореи	4	44	12
ДА РФ	7	490	10
ДА США	9	2376	12

2. Несмотря на большой в процентном выражении вклад ДА ЕС и равное значение между шестью ДА вклада в денежной и натуральной форме в ИТЭР, каждое ДА использует уникальные технологии для организации производства наукоёмкой продукции, применение которых требует значительного числа потенциальных контактов и функциональных звеньев в организационных структурах.

3. Почти все организационные структуры ДА стран-участников проекта ИТЭР относятся к линейно-функциональному типу. Они имеют как горизонтальные, так и вертикальные связи в разделении труда, что в совокупности с достигнутым прогрессом в развитии технологий управляемого термоядерного синтеза и процентом завершения работ по строительству ИТЭР позволяет говорить о том, что проекты будущего могут наследовать линейно-функциональный подход для формирования организационных структур.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ильгисонис, В.И. Термоядерные исследования как существенная составляющая технологической платформы энергетической безопасности / В.И. Ильгисонис // Энергетическая политика. – 2023. – № 2 (180). – С. 12-31. – 30. – DOI: 10.46920/2409-5516\_2023\_2180\_12.
2. Top Level Project Technical Document Project Requirements (PR), IDM Document UID 27ZRW8. – URL: <https://vdocuments.mx/project-requirements-pr-pr27zrw8v46-approved-07-may-2010-changes-in.html?page=19> (дата обращения: 18.05.2023).
3. European Joint Undertaking for ITER and the Development of Fusion Energy ('Fusion for Energy'). – URL: <https://fusionforenergy.europa.eu/the-device/> (дата обращения: 25.05.2023).
4. China International Nuclear Fusion Energy Program Execution Center. – URL: <https://www.iterchina.cn/ctzc/index.html> (дата обращения: 25.05.2023).
5. ITER-India. – URL: <https://www.iterindia.in/index.php/indias-contribution-iter> (дата обращения: 25.05.2023).
6. National Institutes for Quantum Science and Technology. – URL: [https://www.fusion.qst.go.jp/ITER/english/jada/page2\\_2.html](https://www.fusion.qst.go.jp/ITER/english/jada/page2_2.html) (дата обращения: 25.05.2023).
7. Korea Institute of Fusion Energy (KFE). – URL: <https://www.kfe.re.kr/menu.es?mid=a20203030100> (дата обращения: 25.05.2023).
8. Частное учреждение Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом» «Проектный центр ИТЭР» (Частное учреждение «ИТЭР-Центр»). – URL: [https://iterf.ru/index.php?option=com\\_content&view=article&id=4](https://iterf.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=4) (дата обращения: 25.05.2023).
9. USITER. – URL: <https://usiter.org/us-hardware/diagnostics-and-port-integration> (дата обращения: 25.05.2023).
10. Ружанская, Л.С. Теория организации: учебное пособие / Л.С. Ружанская, А.А. Яшин, Ю.В. Солдатов. – Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2015. – 200 с.
11. Мищенко, Е.С. Организационные структуры управления (современное состояние и эволюция): учебное издание / Е.С. Мищенко. – Тамбов: Издательство ГОУ ВПО ТГТУ, 2011. – 104 с.
12. ITER Organization. – URL: <https://www.iter.org/org> (дата обращения: 28.03.2023).
13. ITER Organization. – URL: <https://www.iter.org/org/council> (дата обращения: 27.03.2023).
14. European Joint Undertaking for ITER and the Development of Fusion Energy ('Fusion for Energy'). – URL: <https://fusionforenergy.europa.eu/who-we-are/> (дата обращения: 28.03.2023).
15. China International Nuclear Fusion Energy Program Execution Center. – URL: <https://english.iterchina.cn/orgstrhc/index.html> (дата обращения: 28.03.2023).
16. ITER-India. – URL: <https://www.iterindia.in/organisation-structure> (дата обращения: 28.03.2023).
17. National Institutes for Quantum Science and Technology. – URL: <https://www.fusion.qst.go.jp/ITER/english/jada/page2.html> (дата обращения: 28.03.2023).
18. Korea Institute of Fusion Energy (KFE). – URL: <https://www.kfe.re.kr/menu.es?mid=a20103010000> (дата обращения: 28.03.2023).
19. USITER. – URL: <https://www.usiter.org/resources/us-iter-organization> (дата обращения: 28.03.2023).

#### ANALYSIS OF ORGANIZATIONAL STRUCTURES OF R&D AND PRODUCTION ORGANIZATION ON THE EXAMPLE OF THE ITER PROJECT

© 2023 V.V. Prianikov, I. Yu. Rodin, P. Yu. Chajka

Join Stock Company «D.V. Efremov Institute of Electrophysical Apparatus», Saint-Petersburg, Russia

The object of research in this article is the project of an international thermonuclear experimental reactor – ITER, the construction of which is carried out on the Mediterranean coast in France, the purpose of which is to demonstrate the energy of the Sun on the surface of the Earth. The article consists of the following chapters of introduction, international contribution to the ITER project, theoretical aspects of organizational structures, analysis of organizational structures of home agencies for the organization of R&D of ITER components and conclusion.

**Keywords:** R&D organization, production organization, ITER, organizational structure, project management.

DOI: 10.37313/1990-5378-2023-25-4-64-70

EDN: PVLQUI

## REFERENCES

1. *Ilgisonis, V.I.* Termoyadernye issledovaniya kak sushchestvennaya sostavlyayushchaya tekhnologicheskoy platformy energeticheskoy bezopasnosti / V.I. Ilgisonis // Energeticheskaya politika. – 2023. – № 2 (180). – S. 12-31. – 30. – DOI: 10.46920/2409-5516\_2023\_2180\_12.
2. Top Level Project Technical Document Project Requirements (PR), IDM Document UID 27ZRW8. – URL: <https://vdocuments.mx/project-requirements-pr-pr27zrw8v46-v46-approved-07-may-2010-changes-in.html?page=19> (data obrashcheniya: 18.05.2023).
3. European Joint Undertaking for ITER and the Development of Fusion Energy ('Fusion for Energy'). – URL: <https://fusionforenergy.europa.eu/the-device/> (data obrashcheniya: 25.05.2023).
4. China International Nuclear Fusion Energy Program Execution Center. – URL: <https://www.iterchina.cn/ctzc/index.html> (data obrashcheniya: 25.05.2023).
5. ITER-India. – URL: <https://www.iterindia.in/index.php/indias-contribution-iter> (data obrashcheniya: 25.05.2023).
6. National Institutes for Quantum Science and Technology. – URL: [https://www.fusion.qst.go.jp/ITER/english/jada/page2\\_2.html](https://www.fusion.qst.go.jp/ITER/english/jada/page2_2.html) (data obrashcheniya: 25.05.2023).
7. Korea Institute of Fusion Energy (KFE). – URL: <https://www.kfe.re.kr/menu.es?mid=a20203030100> (data obrashcheniya: 25.05.2023).
8. Chastnoe uchrezhdenie Gosudarstvennoj korporacii po atomnoj energii «Rosatom» «Proektnyj centr ITER» (CHastnoe uchrezhdenie «ITER-Centr»). – URL: [https://iterrf.ru/index.php?option=com\\_content&view=article&id=4](https://iterrf.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=4) (data obrashcheniya: 25.05.2023).
9. USITER. – URL: <https://usiter.org/us-hardware/diagnostics-and-port-integration> (data obrashcheniya: 25.05.2023).
10. *Ruzhanskaya, L.S.* Teoriya organizacii: uchebnoe posobie / L.S. Ruzhanskaya, A.A. Yashin, YU.V. Soldatova. – Ekaterinburg: Izdatel'stvo Ural'skogo universiteta, 2015. – 200 s.
11. *Mishchenko, E.S.* Organizacionnye struktury upravleniya (sovremennoe sostoyanie i evolyuciya): uchebnoe izdanie / E.S. Mishchenko. – Tambov: Izdatel'stvo GOU VPO TGTU, 2011. – 104 s.
12. ITER Organization. – URL: <https://www.iter.org/org> (data obrashcheniya: 28.03.2023).
13. ITER Organization. – URL: <https://www.iter.org/org/council> (data obrashcheniya: 27.03.2023).
14. European Joint Undertaking for ITER and the Development of Fusion Energy ('Fusion for Energy'). – URL: <https://fusionforenergy.europa.eu/who-we-are/> (data obrashcheniya: 28.03.2023).
15. China International Nuclear Fusion Energy Program Execution Center. – URL: <https://english.iterchina.cn/orgstrhc/index.html> (data obrashcheniya: 28.03.2023).
16. ITER-India. – URL: <https://www.iterindia.in/organisation-structure> (data obrashcheniya: 28.03.2023).
17. National Institutes for Quantum Science and Technology. – URL: <https://www.fusion.qst.go.jp/ITER/english/jada/page2.html> (data obrashcheniya: 28.03.2023).
18. Korea Institute of Fusion Energy (KFE). – URL: <https://www.kfe.re.kr/menu.es?mid=a20103010000> (data obrashcheniya: 28.03.2023).
19. USITER. – URL: <https://www.usiter.org/resources/us-iter-organization> (data obrashcheniya: 28.03.2023).

---

*Viacheslav Prianikov, ITER Project Head.*

*SPIN-code: 5861-3709. E-mail: prianikov@sintez.niiefa.spb.su*

*Igor Rodin, Candidate of Technical Sciences, Advisor to the General Director for Thermonuclear and Magnetic Technologies. E-mail: rodin@sintez.niiefa.spb.su*

*Pavel Chaika, Candidate of Technical Sciences, Head of the Research Theoretical Laboratory of Reliability and Safety. E-mail: chaikap@sintez.niiefa.spb.su*