ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА. ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

УДК 693:725.5

DOI: 10.22227/1997-0935.2019.8.1046-1056

Управление требованиями при строительстве зданий медицинских организаций

И.А. Дорогань

Алмаз-СП; г. Москва, Россия

АННОТАЦИЯ

Введение: при проектировании и строительстве зданий и сооружений необходимо удовлетворять большому количеству обязательных требований, предъявляемых нормативными документами и заданием заказчика. К зданиям медицинских организаций предъявляются высокие требования как к социальным объектам, а по своей сложности они близки к производственным объектам. Поэтому при их возведении возникает необходимость создания системы управления такими требованиями.

Материалы и методы: определение требований дано первоначально для разработки программного обеспечения. В строительстве система управления требованиями (СУТ) является частью управления проектами. Для совершенствования организации строительства зданий медицинских организаций предлагается использование СУТ. Базовые требования устанавливаются в нормативных документах и в задании заказчика.

Результаты: разработаны организационно-технологические модели различных этапов жизненного цикла медицинских зданий. Модели показывают взаимодействие государственного заказчика, технического заказчика, генерального проектировщика, подрядчиков и поставщиков медицинского оборудования. В состав моделей входят бизнес-процессы, связанные с управлением требованиями во время проектирования, строительства и эксплуатации. Эта система содержит различные требования к объекту, ссылки на источники требований и результаты верификации и валидации требований. Верификация должна производиться командой экспертов на рубежах проверки, назначенных руководителем проекта. На каждом рубеже эксперты проверяют требования и заносят результаты в базу данных. Перечень требований, которые не соблюдены на момент проверки, сообщается руководителю проекта. Приведен пример СУТ для зданий ядерной медицины.

Выводы: для зданий медицинских организаций, оснащенных сложным медицинским оборудованием, необходимо создавать СУТ для всех стадий жизненного цикла. Разработанная система установления, проверки и реализации требований позволяет значительно повысить качество выполнения проектных и строительно-монтажных работ, ускорить процесс сдачи объекта в эксплуатацию, обеспечить безопасность объекта. Такая система разработана и используется для зданий ядерной медицины и может быть использована для других медицинских центров.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: строительство, медицинское здание, здание ядерной медицины, жизненный цикл, требования, система управления требованиями, верификация, валидация

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Дорогань И.А. Управление требованиями при строительстве зданий медицинских организаций // Вестник МГСУ. 2019. Т. 14. Вып. 8. С. 1046–1056. DOI: 10.22227/1997-0935.2019.8.1046-1056

Requirements management in the medical building construction

Igor A. Dorogan

Almaz-SP; Moscow, Russia Federation

ABSTRACT

Introduction: when designing and constructing medical buildings, it is necessary to meet a large number of mandatory requirements established in the normative documents and by the customers. Medical buildings as social facilities should meet high requirements. By their complexity, they are close to industrial facilities. Therefore, there is a necessity to manage a system of such requirements during their construction.

Materials and methods: the definition of requirements is initially given for software development. A requirements management system (RMS) in construction is a part of the project management. It was suggested to use the RMS to improve the organization of medical building construction. Normative documents and the customer's specification establish the baseline requirements.

Results: the article developed organizational and technological models of different life cycle stages of medical buildings. The models show the interaction of the state customer, technical customer, general designer, contractors, and suppliers of medical equipment. The models include business processes related to requirements management during design, construction, and

maintenance. This system contains various requirements for the buildings, references to requirements sources, and results of verification and validation of the requirements. Verification should be carried out by a team of experts at the checkout points appointed by the project manager. At each checkout, the experts check the requirements and record the results in a database. The list of requirements that are not observed at the moment of the checkout is reported to the project manager. The paper provides an example of the RMS for nuclear medicine buildings.

Conclusions: for buildings of medical organizations provided with complex medical equipment, it is necessary to create an RMS for all stages of the life cycle. The developed system of establishment, verification, and implementation of the requirements can significantly improve the quality of design and construction activities, accelerate the process of commissioning, and provide the safety of the facility. Such a system is developed and used for nuclear medicine buildings. The application of it is possible for other medical centers.

KEYWORDS: construction, medical building, nuclear medicine building, life cycle, requirements, requirements management system, verification, validation

FOR CITATION: Dorogan I.A. Requirements management in the medical building construction. *Vestnik MGSU* [Monthly Journal on Construction and Architecture]. 2019; 14(8):1046-1056. DOI: 10.22227/1997-0935.2019.8.1046-1056 (rus.).

ВВЕДЕНИЕ

Организация строительства медицинских зданий и сооружений представляет собой сложную производственную задачу. Это связано с наличием большого количества сложного медицинского оборудования, необходимостью соблюдения жестких требований к санитарно-гигиеническому состоянию помещений, целесообразностью скорейшего ввода в действие важных социальных объектов. К этому следует добавить, что зачастую осуществляется не строительство, а реконструкция зданий медицинских организаций без остановки лечебно-профилактической деятельности, что предъявляет дополнительные требования к объемно-планировочным решениям здания, последовательности этапов реконструкции, санитарно-гигиеническому состоянию [1, 2]. В научной литературе проводится анализ многочисленных архитектурно-планировочных и медико-технологических решений зданий клиник, больниц, госпиталей, поликлиник и других зданий медицинского назначения^{1, 2} [4–18]. В то же время организации строительства медицинских зданий уделяется недостаточное внимание.

Как уже указывалось автором [3], здания медицинских организаций занимают промежуточное положение между производственными и непроизводственными объектами. Это объясняется тем, что такие здания, с одной стороны, являются важными социальными объектами, с другой стороны, имеют

технологическое оборудование, близкое по сложности к производственным предприятиям. При этом наиболее сложные вопросы возникают при строительстве зданий ядерной медицины, которые связаны с размещением радиационно-опасного оборудования, соблюдением правил биологической защиты, обеспечением работы с радиофармацевтическими препаратами (РФП) и радиоактивными изотопами. В частности, здания ядерной медицины обеспечивают выполнение таких сложных диагностических процедур, как позитронно-эмиссионная томография, магнитно-резонансная и компьютерная томография, однофотонная эмиссионная компьютерная томография и др.

В связи с этим к самим зданиям, а также к технологии и организации их возведения предъявляются многочисленные разноплановые требования, которые устанавливаются как в нормативных документах, так и в индивидуально разрабатываемых медицинских заданиях на проектирование и строительство таких зданий. При этом требования устанавливаются как на предпроектной стадии, так и в ходе проектирования и даже строительства зданий и сооружений. В ходе реализации инвестиционного цикла возникает необходимость управления совокупностью данных требований, т.е. создания системы управления требованиями (СУТ).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для зданий со сложным медицинским оборудованием, большим количеством требований целесообразна разработка СУТ на различных этапах жизненного цикла. Теоретической основой настоящей статьи послужили разработки в составе теор-

¹ ИВА. Решения для радиофармацевтики. 2018. 16 с.

² Roberts Proton Therapy Center // Penn Medicine. Abramson Cancer Center. URL: <https://www.pennmedicine.org/cancer/navigating-cancer-care/programs-and-centers/roberts-proton-therapy-center>

рии управления проектами³, получившие название Управления требованиями (Requirements Management или Requirements Engineering)⁴ [19–21].

Определение требований было дано первоначально для разработки программного обеспечения: документированное условие, которое должно быть выполнено для решения проблем пользователя⁵. В более широком плане требованием называют формализованное представление ожидаемой характеристики проектируемого объекта. При этом СУТ — система поддержки и автоматизации процессов работы с требованиями на протяжении жизненного цикла строительного объекта.

СУТ развивалась по большей части в области создания программного обеспечения⁶, в том числе и за рубежом. В области строительства есть отдельные примеры использования СУТ на предконтрактном этапе⁷.

За рубежом для СУТ используются программные комплексы Rational DOORS (IBM), Caliber RM (Borland), JIRA (Atlassian) и др., созданные по клиент-серверной технологии. Однако они довольно сложны в обслуживании, требуют установки операционной системы серверного класса, многие не русифицированы.

Типичный механизм управления требованиями заключается в первоначальном составлении базовых требований и последующей их проверке. Базовые требования представляются в виде иерархической структуры, в которой каждый промежуточный узел зависит от соблюдения требований нижележащего уровня. Могут быть установлены и более сложные зависимости (маршруты). Для связи требований между собой разрабатываются модели системы, отражающие ее природу. Проверка соблюдения требований (верификация) проводится в обратной последовательности. При разработке программного обеспечения для проверки используются тесты,

в других случаях приходится применять экспертные методы.

Для строительных объектов базовый набор требований формулируется в техническом (архитектурном) задании на проектирование — для объекта здравоохранения в медико-техническом задании. Заказчик должен четко сформулировать все требования, касающиеся производительности, эффективности, безопасности и других свойств будущего объекта, иначе либо объект не будет удовлетворять заказчика, либо вынужденные переделки потребуют вложения дополнительных средств.

Основными источниками требований при проектировании и строительстве являются правовые акты, нормативно-технические документы, пожелания инвестора (для бюджетных строек — государственного или муниципального заказчика), отдельных групп населения, документы застройщика и технического заказчика, федеральных, региональных органов власти, местных органов самоуправления, контролирующих органов.

Для объектов медицины наибольшее количество обязательных требований содержится в правовых и нормативно-технических документах федерального уровня^{8,9}, а также в техническом задании на проектирование. Например, в ч. 3 ст. 55 Градостроительного кодекса РФ перечислены документы, в которых содержатся наиболее значимые требования. На соответствие им проверяется построенный объект при выдаче разрешения на ввод в эксплуатацию: к ним относятся требования технических регламентов, проектов планировки и межевания территории, проектной документации, технических условий организаций, эксплуатирующих сети инженерно-технического обеспечения. Особо указываются требования энергетической эффективности и оснащенности объекта приборами учета энергетических ресурсов, требования о передаче информации в информационную систему обеспечения градостроительной деятельности.

Указанные документы образуют базовую систему требований к объекту. В такой системе целесообразно различать требования к различным подсистемам моделирования объекта. Так, требования при архитектурном моделировании определяют высоту помещений, наличие каналов для прокладки коммуникаций, размещение тяжелого оборудования, усиленную гидроизоляцию над помещениями с оборудованием, запас по площади помещений для возможного изменения технологических требований в ходе эксплуатации и многое другое.

⁸ СП 158.13330.2014. Здания и помещения медицинских организаций. Правила проектирования.

⁹ СП 319.1325800.2017. Здания и помещения медицинских организаций. Правила эксплуатации.

³ A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide), 6th Ed. PMI : Newtown, PA, USA, 2017. 976 p.

⁴ IBM Engineering Requirements Management DOORS Next. URL: <https://www.ibm.com/us-en/marketplace/requirements-management-doors-next/details> (дата обращения: 06.06.2019)

⁵ IEEE 610.12-1990. IEEE Standard Glossary of Software Engineering Terminology; IEEE 29148-2018 ISO/IEC/IEEE International Standard — systems and Software Engineering — Life cycle processes — Requirements engineering.

⁶ ГОСТ 34.602-89. Информационная технология (ИТ). Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Техническое задание на создание автоматизированной системы.

⁷ В рамках предконтрактных работ на АЭС Пакш применена система управления требованиями. НИАЭП — АСЭ, 15.12.2014. URL: <http://atominfo.ru/newsj/q0843.htm>

Требования при конструктивном моделировании зданий ядерной медицины должны учитывать увеличение толщины конструкций для биологической защиты (например, в каньонах для расположения циклотронов), монтажные проемы и пути транспортировки оборудования. При расчете конструкций учитывается повышенный уровень ответственности для зданий с источниками ионизирующего излучения.

Требования к технологическим решениям устанавливаются как для инженерно-технических систем жизнеобеспечения здания, так и для специальных медико-технологических систем. Например, они могут определять необходимую кратность воздухообмена, наличие систем медицинского газоснабжения, сигнализации и связи с палатами, управления доступом и т.д. Для объектов ядерной медицины дополнительные требования касаются радиационной защиты, радиометрического и дозиметрического контроля, устройства вакуумной и специальной канализации, селекторной связи и др.

В задании на проектирование инженерно-технических мероприятий для предупреждения чрезвычайных ситуаций указываются требования по номенклатуре, количеству и месту хранения средств индивидуальной защиты, медикаментов, аварийного запаса радиометрических и дозиметрических приборов, средств дезактивации и санитарной обработки, инструментов и инвентаря, необходимых для проведения неотложных работ по ликвидации последствий радиационной аварии.

Таким образом, значительная часть требований уже изложена в нормативной документации на проектирование, строительство и эксплуатацию. Другая часть вносится по мере разработки проектных решений, что является объективно необходимым. Однако некоторая часть носит индивидуальный и даже субъективный характер. По опыту автора даже замена представителя государственного или муниципального заказчика, курирующего строительство объекта, может привести к изменению технического решения. Внесение новых требований после прохождения государственной экспертизы проекта может производиться только по согласованию с проектными и контролирующими организациями.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Основными процедурами управления требованиями служат верификация и валидация. В данном случае верификация является объективным подтверждением того, что установленные частные требования к медицинскому зданию выполнены. Для этого в процессе верификации должны привлекаться эксперты в различных областях, в первую очередь

по медицинскому оборудованию и инженерным сетям. Валидация будет являться доказательством того, что функции системы соответствуют общим требованиям к ней. Процесс валидации может быть выполнен в полуавтоматическом режиме.

Для применения управления требованиями к некоторой системе должна быть создана ее модель. С учетом определенных ранее особенностей медицинских объектов организационно-технологическая модель жизненного цикла такого объекта может быть представлена в виде ключевых этапов его создания (рис. 1, 2, 3). Следует иметь в виду, что при отсутствии бюджетного финансирования строительства (реконструкции) медицинских объектов вместо «Государственного заказчика» следует читать «Инвестор». Полужирной рамкой выделены производственные процессы, предложенные ранее автором для объектов ядерной медицины.

Современные объекты медицины, особенно ядерной, обладают рядом важных особенностей. Например, сложное медицинское оборудование должно быть заказано после выполнения проектной документации, однако при проектировании должны быть учтены его массогабаритные характеристики. Кроме технических особенностей, должны быть учтены санитарно-гигиенические и социальные требования к зданиям. Для объектов ядерной медицины, кроме обеспечения радиационной безопасности, дополнительно учитывается необходимость выполнения Обоснования инвестиций, как отдельного документа предпроектного этапа.

На рис. 2 представлена организационно-технологическая модель выполнения проектного этапа и начального этапа строительства, на рис. 3 — модель основного этапа строительства с учетом увязки бизнес-процессов технического заказчика, проектной организации, заводов-изготовителей и подрядных организаций. Как видно из приведенных схем, разработка и изготовление несерийного оборудования должны быть увязаны с проектированием и строительством объекта. Так, для разработки проектной документации используются данные, полученные из технического проекта несерийного оборудования. Во время выполнения проектной документации конструкторы разрабатывают рабочую документацию, а завод-изготовитель может приступить к изготовлению оборудования, так как технические требования на него получены по результатам технико-экономического расчета.

Внедрение комплексных договоров типа «контракта жизненного цикла» в сфере высокотехнологичной медицины может позволить избежать проблем с поставками несерийного оборудования и ошибками в проектной документации. Однако такие договоры, как правило, обходятся дороже, чем

Рис. 1. Организационно-технологическая модель предпроектного этапа: ТТ-1 и ТТ-2 — технические требования первого и второго уровней; ПОТОЗ — предварительное обоснование требований к объекту здравоохранения; ТЭР — технико-экономический расчет; ГПЗУ — градостроительный план земельного участка; ПИР — проектно-изыскательские работы

Fig. 1. Organizational and technological model of preproject phase: TT-1 and TT-2 are 1st and 2nd level engineering requirements; PVRHF is Preliminary Validation of Requirements for Health Facility; VE is Value Engineering; LUP is Land Urban Plan; DSW is Design and Survey Work

Рис. 2. Организационно-технологическая модель этапа проектирования: TT-3 — технические требования третьего уровня; ПД — проектная документация; РД — рабочая документация; СМР — строительно-монтажные работы

Fig. 2. Organizational and technological model of project phase: TT-3 is 3rd level engineering requirements; PD is Project Documentation; CD is Contractor Design; CEW is Civil and Erection Work

непосредственное управление строительства техническим заказчиком. При бюджетном финансировании весьма трудно обосновать также повышенные расходы на управление проектом при комплексных договорах¹⁰.

Стадия проектирования является основной стадией, на которой могут быть заложены основы соблюдения различных видов требований. Требования применяются к соответствующим конструктивным и компоновочным решениям с учетом использова-

ния огнестойких и огнезащитных материалов, к путям эвакуации больных и медицинского персонала, к возможности проведения спасательных мероприятий, к противопожарному и питьевому водопроводу и др.

Аналогичные модели разработаны для этапов эксплуатации, капитального ремонта и реконструкции.

На основании приведенных выше моделей автором была разработана организационно-технологическая система требований при проектировании, строительстве и эксплуатации объекта ядерной медицины. Автором использованы электронные таблицы Excel, достаточные для отражения основных требований к строительному объекту (см. табл.).

Разработанная организационно-технологическая система требований для зданий медицины

¹⁰ О порядке и об основаниях заключения контрактов, предметом которых является одновременно выполнение работ по проектированию, строительству и вводу в эксплуатацию объектов капитального строительства, и о внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации : утв. Постановлением Правительства РФ от 12.05.2017 № 563.

Рис. 3. Организационно-технологическая модель этапа строительства: ЗОС — заключение о соответствии

Fig. 3. Organizational and technological model of the construction phase

предусматривает следующую циклическую последовательность действий.

1. Специалистами технического заказчика и проектировщика обрабатывается массив требований первого, затем второго и третьего уровней. Требования формализуются и заносятся в таблицу с соблюдением иерархического принципа. Рекомендуется соблюдение иерархии по элементам оборудования и конструкций, технологическим системам, помещениям, отделениям и зданиям объекта ядерной медицины.

2. Руководитель системы требований (главный инженер проекта, руководитель проекта) устанавливает контрольные рубежи проверки требований и формирует команды экспертов для каждого ру-

бежа. Могут быть задействованы те же или разные эксперты на различных рубежах проверки. Критерием выполнения всех требований является значение величины

$$R = \prod_{i=1}^n r_i, \quad r_i = \{0,1\}, \quad (1)$$

равное единице (r_i — булевская переменная, равная 1 при соблюдении частного требования и 0 при несоблюдении).

3. На каждом рубеже проверки эксперты проверяют требования и заносят результаты в базу данных, проставляют дату проверки и свою фамилию (электронную подпись). Перечень требований, кото-

Табл. Отчет о выполнении требований к объекту медицины (фрагмент)

Table. Report on medical facility requirements compliance (fragment)

Источник / Source	Текст требования / Requirement text	Базовое значение / Basic value	Отметки о выполнении на этапах / Execution checks at stages	
			Проектирование / Design	
			Отметка / Check	Дата / Date
	Циклотронно-радиохимическая лаборатория / Cyclotron-radiochemical laboratory			
	Лаборатория в целом / Laboratory as a whole		Проверено / Tested	
СП 158.13330.2014, 6.9.4.9 / Formulary 158.13330.2014, 6.9.4.9	Лаборатория располагается на одном этаже, не выше первого / The laboratory is arranged on a single floor, not higher than the ground one	Да / Yes	Да / Yes	15.06.2018
СП 118.13330.2012, 5.22 / Formulary 118.13330.2012, 5.22	Лаборатория не располагается смежно (по вертикали и горизонтали) с палатами для беременных и детей / The laboratory is not adjacent (vertically and horizontally) to rooms for pregnant women and children	Да / Yes	Да / Yes	15.06.2018
НРБ-99/2009, 3.1.2 / Radiation standard 99/2009, 3.1.2	Средняя годовая эффективная доза для персонала группы А, мЗв/год, не более / The average annual effective radiation dose for A group personnel, mSv/year, at most	20	12,5	15.02.2018
НРБ-99/2009, 3.1.2 / Radiation standard 99/2009, 3.1.2	Средняя годовая эффективная доза для персонала группы Б, мЗв/год, не более / The average annual effective radiation dose for B group personnel, mSv/year, at most	5	2,5	14.03.2018
Федеральный закон от 22.07.2008 г. № 123-ФЗ, табл. 21 / Table 21, Federal law No. 123-FZ dated July 22, 2008	Предел огнестойкости перекрытий R, мин, не менее / Floor slab fire endurance R, min, at least	90	90	18.06.2018
Федеральный закон от 22.07.2008 г. № 123-ФЗ, табл. 21 / Table 21, Federal law No. 123-FZ dated July 22, 2008	Предел огнестойкости стен R, мин, не менее / Wall fire endurance R, min, at least	90	90	18.06.2018
СанПиН 2.6.1.1192, п. 3.29 / Paragraph 3.29, Sanitary code standard 2.6.1.1192	Система вентиляции / Ventilation system	Автономная / Independent	Автономная / Independent	15.05.2018
СанПиН 2.6.1.1192, п. 3.31 / Paragraph 3.31, Sanitary code standard 2.6.1.1192	Документация по эксплуатации, комплект / Set of operational documents	Есть / Available	Есть / Available	15.02.2018
СП 158.13330.2014, 7.3.2 / Formulary 158.13330.2014, 7.3.2	Автоматизированная система диспетчерского управления инженерными системами / Automated engineering equipment monitoring system	Есть / Available	Есть / Available	15.05.2018
	Бункер циклотрона (каньон) № 1 / Cyclotron bunker (canyon) No. 1			
СП 158.13330, В.11а.12 / Formulary 158.13330, В.11а.12	Площадь бункера, м², не менее / Bunker area, m², at least	54	54	15.02.2018
Проектная документация / Project documentation	Толщина железобетонного перекрытия, мм, не менее / Reinforced concrete floor thickness, mm, at least	2000	2000	15.02.2018

рые не соблюдены на момент проверки, сообщается руководству проекта.

4. Руководитель проекта принимает меры к выполнению заданных требований с использованием имеющихся ресурсов. В исключительных случаях решением заказчика или на основе применения специальных технических условий может быть изменено само требование.

Проверка выполнения требований осуществляется на этапах проектирования, строительства, ввода в эксплуатацию. По решению руководителя системы требований могут быть назначены дополнительные рубежи проверки требований, например, в течение периода эксплуатации, после реконструкции и модернизации.

Таблица требований заполняется при разработке технических требований различного уровня (ТТ-1, ТТ-2, ТТ-3) на предпроектном этапе, на этапах проектирования и строительства. Таблица имеет иерархическую структуру. В таблицу заносится требование и сведения о том, кем оно установлено: нормами, заданием заказчика и др. Значение требования может быть числовое, логическое или словесное, а также в виде даты. Для числового требования могут быть использованы условия «равно», «меньше», «меньше или равно», «больше» и т.д.

В примечании может быть указан метод расчета численного значения требования или задана ссылка на документ, содержащий такой метод. В таблице базы данных также может содержаться ссылка на документ, которым подтверждается выполнение требования.

При проверке эксперт, которому поручена проверка, проставляет в графе «Выполнение» значение, которому требование соответствует в настоящий момент. При введении значения, при котором заданное условие выполняется, соответствующая ячейка таблицы автоматически окрашивается в зеленый цвет, в противном случае — в красный (исходный цвет ячейки — белый). Таким образом происходит верификация отдельных требований. Они объединены в иерархические группы на этапе создания базовой совокупности. Если значения по всей группе требований соответствуют заданным, то заглавная строка группы также окрашивается в зеленый цвет. Смысл валидации в данном случае состоит в том,

что в строке, обозначающей группу, должно выполняться условие верификации для всех требований, входящих в группу. Цветные обозначения придают таблице необходимую наглядность.

Пример проверки требований приведен в табл. (цвета не показаны). Красные ячейки свидетельствуют о невыполнении требований и, соответственно, о невозможности перехода к следующему этапу жизненного цикла.

Поскольку количество требований 3–4 уровней может составлять несколько тысяч, к строкам базы данных могут применяться процедуры фильтрации и сортировки, а также «маршруты» — взаимосвязи различных требований. Однако и без этих дополнительных возможностей таблица проверки представляет собой полноценный документ, позволяющий значительно повысить качество выполнения проектных и строительно-монтажных работ, ускорить процесс сдачи объекта в эксплуатацию.

ВЫВОДЫ

Автором разработана и реализована организационно-технологическая СУТ при строительстве медицинских объектов, в том числе особо сложных зданий ядерной медицины. В ее основе — использование теории жизненного цикла строительного объекта, учет особенностей медицинских зданий, взаимная увязка требований к медицинскому оборудованию и к проектным решениям, эшелонированная разработка технических требований, последовательная верификация и валидация требований на ключевых этапах жизненного цикла.

СУТ может быть рекомендована к использованию при проектировании и строительстве не только медицинских, но и иных сложных строительных объектов. Разработанная система установления, проверки и реализации требований позволяет значительно повысить качество выполнения проектных и строительно-монтажных работ, ускорить процесс сдачи объекта в эксплуатацию, обеспечить безопасность объекта. В последующем целесообразно проверить возможность и целесообразность применения специализированного программного обеспечения СУТ при проектировании и строительстве.

ЛИТЕРАТУРА

1. Malykha G.G., Dorogan I.A., Tesler N.D. Improving processes of design and construction of nuclear medicine facilities // MATEC Web of Conferences. 2017. Vol. 106. P. 08054. DOI: 10.1051/mateconf/201710608054

2. Малеыха Г.Г., Гусева О.Б., Петрунин В.В., Теслер Н.Д. Проведение реконструктивных работ на существующих объектах медицины // Вестник МГСУ. 2012. № 9. С. 214–220. DOI: 10.22227/1997-0935.2012.9.48-54

3. Дорогань И.А. Модель организации жизненного цикла медицинского здания // Вестник МГСУ. 2018. Т. 13. Вып. 12. С. 1474–1481. DOI: 10.22227/1997-0935.2018.12.1474-1481
4. Telichenko V., Dorogan I. Radiation safety in designing of health care facilities // International Journal of Applied Engineering Research. 2016. Vol. 11. No. 3. Pp. 1649–1652.
5. Rostenberg B. The architecture of medical imaging: designing healthcare facilities for advanced radiological diagnostic and therapeutic techniques. Bill Rostenberg FAIA, 2006. 464 p.
6. Levin D. General hospitals planning and design. 2014. 320 p.
7. Guenther R., Vittori G. Sustainable healthcare architecture. John Wiley & Sons, Inc., 2013. 480 p.
8. Concevoir et construire un hôpital : hôpitaux, cliniques, centres ambulatoires. Paris : Éd. «Le Moniteur», 2014. 389 p.
9. Malkin J. Medical and dental space planning. NY : John Wiley & Sons, Inc., 2014. 688 p. DOI: 10.1002/9781119174813
10. Hôpitaux & cliniques, guide des pratiques vertueuses. Paris : Comité pour le développement durable en santé, 2009. 115 p.
11. Carr R.F. Hospital planning and design. NIKA Technologies, Inc. 2011.
12. Hayward C. Healthcare facility planning: thinking strategically. 2th edition. ACHE Management Series. Health Administration Press and the American College of Healthcare Executives, 2016. 230 p.
13. Lewellen T.K., DeWitt D., Miyaoka R.S., Hauck S. A building block for nuclear medicine imaging systems data acquisition // IEEE Transactions on Nuclear Science. 2014. Vol. 61. Issue 1. Pp. 79–87. DOI: 10.1109/tns.2013.2295037
14. Salem R., Padia S.A., Lam M., Bell J., Chiesa C., Fowers K. et al. Clinical and dosimetric considerations for Y90: recommendations from an international multidisciplinary working group // European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging. 2019. Vol. 46. Issue 8. Pp. 1695–1704. DOI: 10.1007/s00259-019-04340-5
15. Delso G., Ziegler S. PET/MRI System design // European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging. 2009. Vol. 36. Issue S1. Pp. 86–92. DOI: 10.1007/s00259-008-1008-6
16. Liu W., Schild S.E., Chang J.Y., Liao Z., Chang Y.H., Wen Z. et al. Exploratory study of 4D versus 3D robust optimization in intensity modulated proton therapy for lung cancer // International Journal of Radiation Oncology, Biology, Physics. 2016. Vol. 95. Issue 1. Pp. 523–533. DOI: 10.1016/j.ijrobp.2015.11.002
17. Ryan S. Designing for human ability // S. Ryan. Medical Construction & Design. Sept–Oct. 2017. Pp. 42–48.
18. Şener M. A Multidisciplinary analysis of standardization in public health facility architecture in Turkey // 12th International Conference Standardization, Property and Quality. 2015. Vol. 1. Issue 12. Pp. 193–203.
19. Hull E., Jackson K., Dick J. Requirements engineering. Third Edition. London : Springer, 2002. 213 p.
20. Rupp C., die SOPHISTen. Requirements-engineering und -management aus der praxis von klassisch bis agil. Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG, 2014. 570 p. DOI: 10.3139/9783446443136
21. Glinz M., Wieringa R. Guest editors' introduction: stakeholders in requirements engineering // IEEE Software. 2007. Vol. 24. Issue 2. Pp. 18–20. DOI: 10.1109/MS.2007.42

Поступила в редакцию 1 июня 2019 г.

Принята в доработанном виде 8 июля 2019 г.

Одобрена для публикации 29 июля 2019 г.

О Б АВТОРЕ: **Игорь Александрович Дорогань** — директор по строительству; Алмаз-СП; 127025, г. Москва, ул. Образцова, д. 7; malycha@mail.ru.

REFERENCES

1. Malykha G., Dorogan I., Tesler N. Improving processes of design and construction of nuclear medicine facilities. *MATEC Web of Conferences*. 2017; 106:08054. DOI: 10.1051/mateconf/201710608054
2. Malykha G., Guseva O., Petrunin V., Tesler N. The reconstructive work on existing medical building. *Vestnik MGSU* [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering]. 2012; 9:214-220. DOI: 10.22227/1997-0935.2012.9.48-54 (rus.).
3. Dorogan I. A model of organization life cycle of a medical building. *Vestnik MGSU* [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering]. 2018; 13(12):474-1481. DOI: 10.22227/1997-0935.2018.12.1474-1481 (rus.).

4. Telichenko V., Dorogan I. Radiation safety in designing of health care facilities. *International Journal of Applied Engineering Research*. 2016; 11(3):1649-1652.
5. Rostenberg B. *The architecture of medical imaging: designing healthcare facilities for advanced radiological diagnostic and therapeutic techniques*. Bill Rostenberg FAIA, 2006; 464.
6. Levin D. *General hospitals planning and design*. 2014; 320.
7. Guenther R., Vittori G. *Sustainable healthcare architecture*. John Wiley & Sons, Inc., 2013; 449.
8. *Concevoir et construire un hôpital : hôpitaux, cliniques, centres ambulatoires*. Paris, Éd. "Le Moniteur", 2014; 389. (fr.)
9. Malkin J. *Medical and dental space planning*. NY, John Wiley & Sons, Inc., 2014; 688. DOI: 10.1002/9781119174813
10. *Hôpitaux & cliniques, guide des pratiques vertueuses*. Paris, Comité pour le développement durable en santé, 2009; 115. (fr.)
11. Carr R.F. *Hospital planning and design*. NIKA Technologies, Inc., 2011.
12. Hayward C. *Healthcare facility planning: thinking strategically*. ACHE Management Series. Health Administration Press and the American College of Healthcare Executives: 2nd Edition, 2016; 230.
13. Lewellen T.K., DeWitt D., Miyaoka R.S., Hauck S. A building block for nuclear medicine imaging systems data acquisition. *IEEE Transactions on Nuclear Science*. 2014; 61(1):79-87. DOI: 10.1109/tns.2013.2295037
14. Salem R., Padia S.A., Lam M., Bell J., Chiesa C., Fowers K. et al. Clinical and dosimetric considerations for Y90: recommendations from an international multidisciplinary working group. *European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging*. 2019; 46(8):1695-1704. DOI: 10.1007/s00259-019-04340-5
15. Delso G., Ziegler S. PET/MRI System design. *European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging*. 2009; 36(S1):86-92. DOI: 10.1007/s00259-008-1008-6
16. Liu W., Schild S.E., Chang J.Y., Liao Z., Chang Y.H., Wen Z. et al. Exploratory study of 4D versus 3D robust optimization in intensity modulated proton therapy for lung cancer. *International Journal of Radiation Oncology, Biology, Physics*. 2016; 95(1):523-533. DOI: 10.1016/j.ijrobp.2015.11.002
17. Ryan S. Designing for human ability. *S. Ryan. Medical Construction & Design*. Sept-Oct. 2017; 42-48.
18. Şener M. A multidisciplinary analysis of standardization in public health facility architecture in turkey. *12th International Conference Standardization, Property and Quality*. 2015; 1(12):193-203.
19. Hull E., Jackson K., Dick J. *Requirements engineering*. Third Edition. London, Springer Publ., 2002; 213.
20. Rupp C., die SOPHISTen. *Requirements-engineering und -management aus der praxis von klassisch bis agil*. Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG, 2014; p. 570. DOI: 10.3139/9783446443136
21. Glinz M., Wieringa R. Guest editors' introduction: stakeholders in requirements engineering. *IEEE Software*. 2007; 24(2):18-20. DOI: 10.1109/MS.2007.42

Received June 1, 2019.

Adopted on July 8, 2019.

Approved for publication July 29, 2019.

BIONOTES: Igor A. Dorogan — Director for construction; Almaz-SP; 7 Obraztsova st., Moscow, 127025, Russian Federation; malycha@mail.ru.