

УДК: 725

DOI: 10.52409/20731523\_2023\_4\_176

EDN: JCPBUW



## Функционально-технологические особенности специализированных центров испытания технических систем

А.М. Сулейманов<sup>1,2</sup>, Е.Д. Сулейманова<sup>1</sup>, Д.Г. Ширеева<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Казанский государственный архитектурно-строительный университет  
г. Казань, Российская Федерация

<sup>2</sup>Академия наук Республики Татарстан, г. Казань, Российская Федерация

**Аннотация.** *Постановка задачи.* При определении принципов архитектурно-планировочной организации научно-производственных комплексов, каковыми, в сущности, и основным формам являются центры испытания технических систем, необходимо раскрыть функционально-технологическое назначение таких комплексов, а также основные элементы инфраструктуры и их техническое оснащение. Данная статья посвящена архитектурно-планировочной организации строительства специализированных центров испытания технических систем. *Целью работы* является выявление функционально-технологических особенностей специализированных центров испытания технических систем для разработки, архитектурно-планировочной организации таких центров как отдельного объекта проектирования. *Задачи исследования:* классифицировать основные элементы инфраструктуры центров испытания технических систем; определить их техническое оснащение; разработать логистика схем организации и взаимодействия основных элементов инфраструктуры центров испытания технических систем.

*Результаты.* Выявлены функционально-технологические особенности специализированных центров испытания технических систем с целью разработки архитектурно-планировочной организации таких центров как отдельного объекта проектирования. Классифицированы основные элементы инфраструктуры объекта исследования, а также определено их техническое оснащение.

*Выводы.* Значимость полученных результатов состоит в том, что впервые выявлены функционально-технологические особенности, а также разработана логистика схем организации и взаимодействия основных элементов инфраструктуры центров испытания технических систем, что позволит сформировать принципы архитектурно-планировочной организации таких центров как отдельного объекта проектирования.

**Ключевые слова:** центры испытания технических систем, функционально-технологические особенности, элементы инфраструктуры, схема организации, техническое оснащение

**Для цитирования:** Сулейманов А.М., Сулейманова Е.Д., Ширеева Д.Г. Функционально-технологические особенности специализированных центров испытания технических систем // Известия КГАСУ, 2023, № 4(66), с. 176-187, DOI: 10.52409/20731523\_2023\_4\_176, EDN: JCPBUW

# Functional and technological features of specialized testing centers for technical systems

A.M. Suleymanov<sup>1,2</sup>, E.D. Suleymanova<sup>1</sup>, D.G. Shireeva<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Kazan State University of Architecture and Engineering  
Kazan, Russian Federation

<sup>2</sup>Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, Kazan, Russian Federation

**Abstract.** *Problem statement.* When determining the principles of architectural and planning organization of research and production complexes, the main forms of which, in essence, are centers for testing technical systems, it is necessary to identify the functional and technological purpose of such complexes, as well as the main elements of infrastructure and their technical equipment. This article is devoted to the architectural and planning organization of the construction of specialized centers for testing technical systems. The functional and technological features of specialized centers for testing technical systems have been identified. The research objectives are to classify the main elements of the infrastructure of technical systems testing centers; determine their technical equipment; develop logistics schemes for the organization and interaction of the main elements of the infrastructure of technical systems testing centers.

*Results.* Based on the analysis of world experience in the creation and operation of domestic and foreign laboratories, sites and test sites for testing the reliability of various materials, products and structures, the main elements of the infrastructure of the research object are classified, and their technical equipment is determined. Functional and technological features have been identified and logistics schemes for the organization and interaction of the main elements of the infrastructure of technical systems testing centers have been developed.

*Conclusions.* The significance of the results obtained for architectural science lies in the fact that for the first time, functional and technological prerequisites have been identified, and logistics schemes for the organization and interaction of the main elements of the infrastructure of technical systems testing centers have been developed, which will make it possible to formulate the principles of the architectural and planning organization of such centers as a separate design object.

**Key words:** technical systems testing centers, functional and technological features, infrastructure elements, organization diagram, technical equipment

**For citation:** Suleymanov A.M., Suleymanova E.D., Shireeva D.G. Functional and technological features of specialized testing centers for technical systems // News KSUAE, 2023, № 4(66), p. 176-187, DOI: 10.52409/20731523\_2023\_4\_176, EDN: JCPBUW

## 1. Введение

Испытания на надежность и долговечность различных материалов, изделий и конструкций проводят в специализированных лабораториях и полигонах – центрах испытания технических систем [1]. Основной задачей этих центров является проведение испытаний, целью которых является оценка стойкости к различным факторам внешней среды различных объектов испытаний [2-4]. На сегодняшний день испытания на надежность и долговечность проводятся практически во всех отраслях промышленности при освоении и серийном производстве новых технических систем [5-7], например: судостроении [8-10], газотранспортной системе [11-13], при испытаниях военной техники [14-16], авиации [17-19] и космической техники [20-22], строительстве и других отраслях.

Разработка современного облика инфраструктурного обеспечения и стендовой базы является неотъемлемой и необходимой частью развития этого направления. В тоже время, на сегодняшний день, отсутствуют принципы архитектурно-планировочной организации таких центров как отдельного объекта проектирования, а также функциональные и конструктивные требования к их архитектурным решениям.

Испытательные центры технических систем, в сущности, и основным формам являются научно-производственными комплексами архитектурно-планировочное решения которых зависят от функционально-технологических особенностей всего комплекса.

В работе [23] сопоставлены основные принципы и правила архитектурной и градостроительной организации современных небольших предприятий с принципами формирования крупных комплексных предприятий предыдущего этапа для подтверждения качественного характера изменений в промышленной архитектуре. Этапы исторического развития и становления инновационных центров как нового архитектурного образования, а также основные принципы и приемы архитектурно-планировочной организации таких центров рассмотрены в работе [24]. В работе [25] рассматриваются принципиальные вопросы проектирования современных производственных предприятий в городской среде. Приводятся эффективные приемы повышения гибкости структуры здания, возможности организации производства в составе многофункциональных городских пространств и определяются архитектурные приемы экологизации производственных объектов.

Архитектурно-планировочная организация центров испытания технических систем будет иметь свою специфику, связанную с особенностями их функционально-технологического назначения. Функциональное назначение центров испытания технических систем должно позволять оценить стойкость объектов испытаний к климатическим и биологическим факторам, а также факторам специальных сред согласно ГОСТ 26883 и, как правило, в напряженно-деформированном состоянии испытываемых изделий и конструкций. Функционально-технологический процесс в таких сложных системах строится по определенной закономерной схеме последовательных и параллельных действий. Специфику этих процессов можно уточнять из существующей методологии проведения испытаний и имеющихся нормативных документов, например ГОСТ 9.906, ГОСТ 9.708, ГОСТ 9.053, ASTM G7/G7M и др., а также анализа мирового опыта создания и эксплуатации отечественных [26,27] и зарубежных [28,29] лабораторий, площадок и полигонов для испытания на надежность различных материалов, изделий и конструкций.

*Целью работы* является выявление функционально-технологических особенностей специализированных центров испытания технических систем для разработки, архитектурно-планировочной организации таких центров как отдельного объекта проектирования.

*Задачи исследования:*

- на основе анализа мирового опыта создания и эксплуатации отечественных и зарубежных лабораторий, площадок и полигонов для испытания на надежность различных материалов, изделий и конструкций классифицировать основные элементы инфраструктуры;
- определить их техническое оснащение;
- разработать логику схем организации и взаимодействия основных элементов инфраструктуры центров испытания технических систем.

## 2. Материалы и методы

В статье использованы материалы зарубежных и отечественных источников по объектам существующих центров испытаний технических систем. Выявление объектов инфраструктуры выполнено методом выборки и систематизации их из опубликованных оцифрованных источников, находящихся в свободном доступе.

Исследование построено на основах теории и практики испытаний сложных технических систем и существующих отечественных и зарубежных стандартах по испытанию материалов, изделий и конструкций, а также разработках авторов по методам моделированию условий эксплуатации данных систем.

## 3. Результаты и обсуждение

Проведенный анализ мирового опыта создания и эксплуатации отечественных и зарубежных лабораторий, площадок и полигонов для испытания на надежность

различных материалов, изделий и конструкций позволил выявить следующие основные этапы для формирования архитектурно-планировочной организации центров испытания технических систем:

- функционально-технологическое назначение;
- основные элементы инфраструктуры;
- техническое оснащение;
- логистика схем организации и взаимодействия основных элементов инфраструктуры.

**Функционально-технологическое назначение** центров испытания технических систем должно обеспечивать:

- 1) возможность оценки стойкости объектов испытаний к климатическим, биологическим факторам и специальным средам, оценивать степень и характер произошедших изменений свойств;
- 2) определение исходных свойства объектов испытаний;
- 3) позволять проводить испытания с воздействием климатических и биологических факторов и специальных сред в натуральных, натурно-имитационных и лабораторных условиях;
- 4) позволять определять свойства объектов испытаний после воздействия климатических и биологических факторов и специальных сред в натуральных, натурно-имитационных и лабораторных условиях.

При этом основными объектами испытаний целесообразно выбирать материалы и их соединения, поскольку от их свойств будут зависеть характеристики, получаемых из них конструкций, узлов, агрегатов и деталей.

Атмосферные испытательные полигоны центров на открытом пространстве рекомендуется размещать на территории представительных и (или) экстремальных пунктов климатических районов по ГОСТ 16350 и ГОСТ 24482.

**Основными элементами инфраструктуры** центров испытания технических систем являются:

- корпус научно-исследовательских лабораторий;
- атмосферный испытательный полигон на открытой площадке;
- микологический испытательный полигон закрытого типа;
- корпус лаборатории по испытанию крупногабаритных технических систем;
- административно-бытовой комплекс;
- вспомогательных сооружений и транспортные системы для обеспечения жизнедеятельности центра.

Основные элементы инфраструктуры центров испытания технических систем устанавливались в соответствии с требованиями ГОСТ 9.906. Базируясь на эти требования, была составлена перечень зданий и сооружений испытательных центров с введением дополнительных элементов инфраструктуры, учитывающие функционально-технологическое назначение центров, а также вспомогательных сооружений. Элементы инфраструктуры центров испытания технических систем представлены в таблице 1.

**Техническое оснащение** центров испытания выбиралось на основе требований ГОСТ 9.906 с учетом современного функционально-технологического назначения такого рода научно-производственных комплексов.

**Логистика схем организации и взаимодействия основных элементов инфраструктуры центров испытания технических систем.**

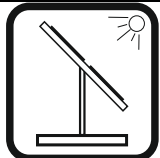




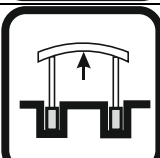

При разработке схем организации (размещения зданий и сооружений (основного, вспомогательного, подсобного, складского и обслуживающего назначения)) лабораторных и испытательных участков центров испытания технических систем необходимо руководствоваться следующими принципами:

- выполнение требований к архитектурным решениям центров испытания технических систем;
- выполнение требований к вспомогательным сооружениям центров испытания технических систем;

- сооружения и участки должны размещаться так, чтобы обеспечить кратчайший путь движения материалов и наименьший пробег транспортных средств, без обратного и встречного движения, излишних пересечений;
- отдельные лаборатории и участки, тесно взаимосвязанные в ходе технологического процесса, должны по возможности объединяться в группы и размещаться как можно ближе друг к другу.
- схема организации должна предусматривать рациональную организацию движения людей, материалов и автотранспорта;
- склады материалов должны располагаться у мест наибольшего потребления;
- размещение сооружений и участков на территории по ходу технологического процесса согласно направлению основных грузопотоков: склад – участок изготовления образцов – лаборатории и испытательные участки – склад;
- размещение складов рядом с въездом/выездом на территорию.

Таблица 1

## Элементы инфраструктуры центров испытания технических систем

Элементы инфраструктуры	Интерфейсные иконки
Участок открытых стендов (с солнечным трекером)	
Участок стендов для испытаний под напряжением	
Участок стендов с солнечными концентраторами	
Участок стендов с Black Box	
Участок стендов с системой дождевания образцов	
Участок для силового пола	
Участок для экспозиции крупногабаритных узлов и конструкций	

## Окончание таблицы 1

Микологическая станция	
Стенды под навесом	
Жалюзийная будка	
Хранилища, имитирующие условия хранения в отапливаемых помещениях	
Хранилища, имитирующие условия хранения в неотапливаемых помещениях (не энергоэффективные)	
Подземные неотапливаемые вентилируемые хранилища	
Участок для испытаний на воздействие эндемических факторов (вулканическая пыль, экологическое загрязнение, высокогорье, эрозия, водопад и пр.)	

Схемы организации разрабатывались на основе логистики этапов перемещения образцов материалов, изделий и конструкций технологического процесса испытаний в структурных подразделениях центров испытания технических систем.

**Технология испытания** технических систем принята на базе следующих методологий:

- натурное экспонирование на специализированных открытых полигонах станций размещенных в представительных пунктах соответствующих климатических зон;
- ускоренное испытание с моделированием эксплуатации технических систем в лабораторных условиях по форсированным режимам;
- натурно-ускоренные испытания на специализированных открытых полигонах с применением специализированного оборудования усиливающие энергетические значения натуральных воздействующих факторов.

Для представления логистики этапов перемещения образцов материалов, изделий и конструкций разработаны интерфейсные иконки (таблица 1).

В таблице 2 и рисунке 1 представлены блок схемы передвижения материалов, изделий и конструкций в процессе их испытаний.

Согласно принятой блок–схеме:

Этап I. Поступление материалов, изделий и конструкций на климатические испытания.

Образцы материалов, изделий и конструкций через контрольно-пропускной пункт – 3 поступают на склад для образцов, материалов, изделий и конструкций – 6, где производится их пробоотбор, классификация и маркировка.

Этап II. Изготовление образцов для климатических испытаний и изготовление образцов для определения исходных характеристик.

Отобранные в 6 материалы и изделия отправляются в лабораторию изготовления и подготовки образцов – 12.4, где из них изготавливают образцы.

Этап III. Кондиционирование.

Изготовленные образцы, типоразмеры которых определяются по существующим стандартам методов последующих испытаний, отправляются в камеру кондиционирования образцов – 12.8.

Этап IV. Определение исходных характеристик.

Исходные характеристики образцов материалов и изделий (физико-механических и структурных) определяются в соответствующих лабораториях – 12.2, 12.3, 12,5 – 12,7 лабораторно-исследовательский корпус – 12.

Этап V. Климатические испытания в натуральных условиях.

Изготовленные в (12.4) и, выдержанные в камере кондиционирования в (12.8), образцы материалов и изделий, автотранспортом (5) транспортируются в атмосферные испытательные полигоны открытого – 14 и закрытого типов - 15. В полигонах образцы устанавливаются на соответствующих стендах.

Отдельные узлы, элементы конструкций и конструкции транспортируются на площадку для экспозиции крупногабаритных узлов и конструкций с силовым полом – 14.8.

Этап VI. Ускоренные климатические испытания в лабораторных условиях

Изготовленные в (12.4) и, выдержанные в камере кондиционирования в (12.8), образцы материалов и изделий транспортируются в лабораторию ускоренных климатических испытаний (12.1) .

Этап VII. Изготовление образцов для определения показателей старения.

Через установленный интервал времени, состаренные образцы и изделия в натуральных условиях (14, 15) и ускоренных лабораторных условиях (12.1) извлекают и транспортируют в лабораторию изготовления образцов – 12.4 для определения показателей старения.

Этап VIII. Кондиционирование.

Изготовленные образцы, типоразмеры которых определяются по существующим стандартам методов последующих испытаний, отправляются в камеру кондиционирования образцов – 12.8.

Этап IX. Определение показателей старения.

После кондиционирования в – 12.8 показатели старения образцов материалов и изделий (физико-механических и структурных) определяются в соответствующих лабораториях – 12.2, 12.3, 12,5 – 12,7 лабораторно-исследовательский корпус – 12.

Этап X. Хранение, транспортировка образцов (исходных, состаренных) заказчику.

Контрольные образцы (исходные и состаренные) отправляют на хранение в склад для образцов, материалов, изделий и конструкций – 6 и заказчику (3).

Таблица 2

Блок схема передвижения материалов, изделий и конструкций  
в процессе их испытаний

Этап	Процедура	Структурные подразделения
I	Поступление материалов, изделий и конструкций на климатические испытания: – пробоотбор; – классификация и маркировка;	Склад хранения образцов
II	Изготовление образцов для климатических испытаний; Изготовление образцов для определения исходных характеристик	Участок изготовления образцов
III	Кондиционирование	Лаборатория изготовления образцов
IV	Определение исходных характеристик	
	– физико-механических	Лаборатория физико-механических испытаний
	– состава и структуры	Лаборатория структурных, теплофизических и физико-химических методов анализа; Лаборатория исследования свойств покрытий; Лаборатория визуального и неразрушающих методов контроля; Лаборатория металлографии.
V	Климатические испытания в натуральных условиях	Участок открытых стендов; Участок стендов для испытаний под механической нагрузкой; Участок стендов с Black Box; Участок стендов с системой дождевания образцов; Площадка для экспозиции крупногабаритных узлов и конструкций с силовым полом; Микологическая станция; Стенды под навесом; Жалюзийная будка; Хранилища, имитирующие условия хранения в отапливаемых помещениях; Хранилища, имитирующие условия хранения в неотапливаемых помещениях; Подземные неотапливаемые вентилируемые хранилища.
VI	Ускоренные климатические испытания в лабораторных условиях	Лаборатория ускоренных климатических испытаний
VII	Изготовление образцов для определения показателей старения	Лаборатория изготовления образцов – токарно-слесарный участок; – препаратурская
VIII	Кондиционирование	Лаборатория изготовления образцов
IX	Определение показателей старения	
	– физико-механических; – состава и структуры.	Лаборатория физико-механических испытаний; Лаборатория структурных, теплофизических и физико-химических методов анализа; Лаборатория исследования свойств покрытий; Лаборатория визуального и неразрушающих методов контроля; Лаборатория металлографии
X	Хранение, транспортировка образцов (исходных, состаренных) заказчику	Склад хранения образцов



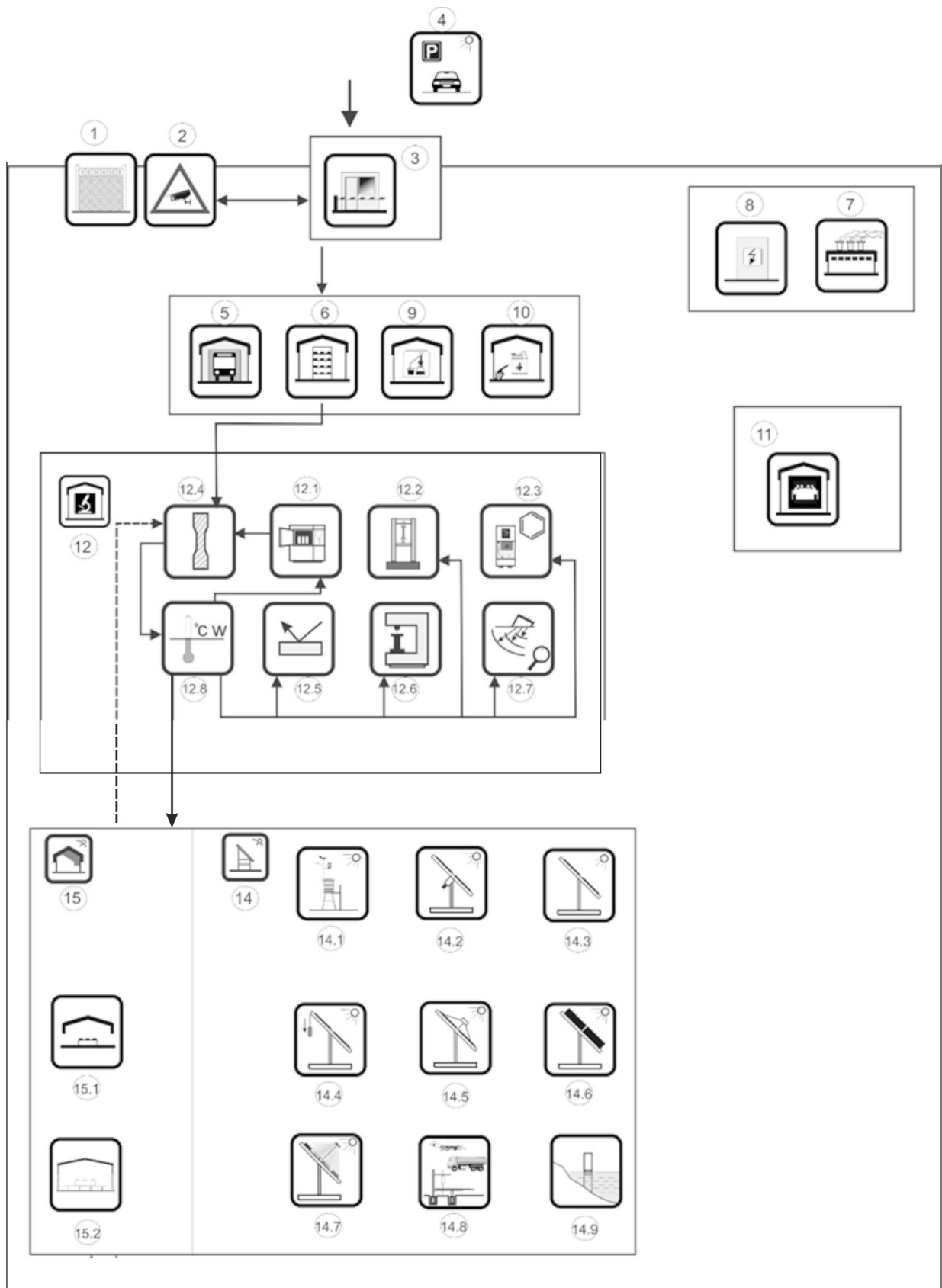


Рис.1. Схема движения материалов лабораторных и испытательных участков центров  
испытания технических систем (иллюстрация авторов)

Fig.1. Scheme of the movement of materials in laboratory and testing areas of technical systems  
testing centers (illustration by the authors)

#### 4. Заключение

1. На основе анализа мирового опыта создания и эксплуатации отечественных и зарубежных лабораторий, площадок и полигонов для испытания на надежность различных материалов, изделий и конструкций выявлены функционально-технологические особенности специализированных центров испытания технических систем с целью разработки архитектурно-планировочной организации таких центров как отдельного объекта проектирования.

2. На основе анализа существующих отечественных и зарубежных нормативных документов по испытанию на надежность различных материалов, изделий и конструкций классифицированы основные элементы инфраструктуры центров испытания технических систем, а также определены их техническое оснащение.

3. Разработана логистика схем организации и взаимодействия основных элементов инфраструктуры центров испытания технических систем.

#### Список литературы/ References

1. Теоретические основы испытаний и экспериментальная обработка сложных технических систем. Л.Н. Александровская, В.И. Круглов, А.Г. Кузнецов и др.: - М.: Логос, 2003. – 736 с. ISBN 5-94010-145-3 [Theoretical foundations of testing and experimental processing of complex technical systems. L.N. Alexandrovskaya, V.I. Kruglov, A.G. Kuznetsov et al.: - M.: Logos, 2003. – 736 p. ISBN 5-94010-145-3]
2. Suleimanova, Elena & Shireeva, Dilyara. (2021). Functional and technological prerequisites for architectural and space-planning design of test centers for technical systems. E3S Web of Conferences. 274. 01028. 10.1051/e3sconf/202127401028
3. Метод повышения эффективности процесса испытания опытных образцов сложных технических систем. Старусев А.В., Михолап Л.А., Кислов О.В., Лобейко В.И. Известия Волгоградского государственного технического университета. 2018. № 13 (223). С. 21-23. [Method for increasing the efficiency of the process of testing prototypes of complex technical systems. Starusev A.V., Mikholap L.A., Kislov O.V., Lobeiko V.I. News of Volgograd State Technical University. 2018. No. 13 (223). P. 21-23.]
4. Klyatis, Lev. (2011). Equipment for Accelerated Reliability (Durability) Testing Technology. 10.1002/9780470541609.ch5.
5. Proactive Fault Diagnosis of a Radiator: A Combination of Gaussian Mixture Model and LSTM Autoencoder October 2023 Sensors 23(21):8688 DOI:10.3390/s23218688
6. Czarnuch, Arkadiusz & Stembalski, M. & Szydłowski, Tomasz & Batory, Damian. (2023). Analysis of the Correctness of Mapping the Passage of a Semi-Trailer through a Road Obstacle on a Road Simulator. Sensors. 23. 8225. 10.3390/s23198225
7. Implementation Successful Prediction of Product Efficiency, Accelerated: Reliability and Durability Testing, and Accurate Simulation. January 2023. DOI:10.1007/978-3-031-16655-6\_6 In book: Prediction Technologies for Improving Engineering Product Efficiency (pp.193-261) Lev M. Klyatis
8. Саламех А. Экспериментальная установка для исследования долговечности материала судовых надстроек / А. Саламех, М. Алсаид, В. А. Петровский // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2022. — Т. 14. — № 2. — С. 264–271. DOI:10.21821/2309-5180-2022-14-2-264-271. [Salamekh A. Experimental installation for studying the durability of the material of ship superstructures / A. Salamekh, M. Alsaid, V. A. Petrovsky // Bulletin of the State University of Sea and River Fleet named after Admiral S. O. Makarov. - 2022. - Vol. 14. - No. 2. - P. 264–271. DOI:10.21821/2309-5180-2022-14-2-264-271.]
9. Durability and flammability evaluation of SGA structural adhesive joints consisting of a thick adhesive layer for shipbuilding February 2019 The Journal of Adhesion 95(5-7):1-18 DOI:10.1080/00218464.2019.1581067
10. Souto-Silvar, Daniel & Álvarez-García, A. & Díaz-Díaz, Ana & Rodríguez-Dopico, Francisco & López-Beceiro, Jorge. (2023). Application of the Time–Temperature Superposition Principle to Predict Long-Term Behaviour of an Adhesive for Use in

- Shipbuilding. *Arabian Journal for Science and Engineering*. 10.1007/s13369-023-08219-4.
11. Унификация процедур проведения испытаний средств технического диагностирования в системе управления техническим состоянием и целостностью газотранспортной системы. Вялых И.Л., Лазарев В.Л., Ремизов А.Е., Дейнеко С.В. *Промышленный сервис*. 2014. № 3 (52). С. 40-45. [Unification of procedures for testing technical diagnostic tools in the system for managing the technical condition and integrity of the gas transportation system. Vyalykh I.L., Lazarev V.L., Remizov A.E., Deineko S.V. *Industrial service*. 2014. No. 3 (52). P. 40-45.]
  12. Kotukh, Volodymyr & Kaptsova, Natalia & Donskoy, Dmitry & Paleyeva, Kateryna. (2021). Assessment of the impact of technological heredity on indicators of reliability, durability and environmental safety of elements of gas transmission systems. *Bulletin of the National Technical University KhPI Series Chemistry Chemical Technology and Ecology*. 60-66. 10.20998/2079-0821.2021.02.08.
  13. Pirumyan, Narine & Stakyan, Mihran & Yazyev, Batyr. (2022). Reliability Enhancement of the Operation of Main Pipelines in Order to Ensure the Sustainable Development of the Gas Transmission System. 10.1007/978-3-031-11058-0\_130.
  14. Метод оценивания динамики интенсивности отказов военно-технических систем при отработочных испытаниях. Сухорученков Б.И. *Двойные технологии*. 2005. № 1 (30). С. 27-34. [Method for assessing the dynamics of failure rates of military-technical systems during development tests. Sukhoruchenkov B.I. *Dual technologies*. 2005. No. 1 (30). P. 27-34.]
  15. Velardocchia, Mauro & Bonisoli, Elvio & Tota, Antonio & Lisitano, Domenico & Paciullo, Genny & Trevisi, Marco. (2023). PSD Profiles for Dynamic and Durability Tests of Military Off-Road Vehicle Racks. 10.4271/2023-01-0107
  16. Quoc la, Tiep & Cu, Xuan. (2023). The Remaining Useful Life of Military Technical Equipment and Prediction Methods. 1-8. 10.1109/ICMT58149.2023.10171267.
  17. Ebner, Kathrin & Koops, Lily. (2022). Potentials of Prognostics and Health Management for Polymer Electrolyte Fuel Cells in Aviation Applications. *Aircraft Engineering and Aerospace Technology*. 10.1108/AEAT-01-2022-0020.
  18. Naik, Rajiv. (2013). Durability of Composites in Aircraft Engine Applications. Long-Term Durability of Polymeric Matrix Composites. 597-624. 10.1007/978-1-4419-9308-3\_15.
  19. Agatha, Yuan & Nirbito, Wahyu. (2020). Study of Tail Rudder Deflection Angles for Stabilizing the Twin Turboprop Small Passenger Aircraft in Critical Flight due to One Engine Failed Condition. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 926. 012022. 10.1088/1757-899X/926/1/012022.
  20. Обоснование системы технического контроля при разработке и испытаниях объектов ракетной и космической техники. Федоровский А.А., Строгалев В.П., Владыкин Е.Н. *Наука и образование: научное издание МГТУ им. Н.Э. Баумана*. 2015. № 8. С. 63-74. [Justification of the technical control system during the development and testing of rocket and space technology objects. Fedorovsky A.A., Strogalev V.P., Vladykin E.N. *Science and education: scientific publication of MSTU named after N.E. Bauman*. 2015. No. 8. P. 63-74.]
  21. Sarsam, Saad & Salih, Abeer & Tawfee, Sura. (2023). Assessing Durability of Roller Compacted Concrete. *Journal of Engineering*. 20. 1-14. 10.31026/j.eng.2014.07.01.
  22. Klyatis, Lev. (2023). Implementation Successful Prediction of Product Efficiency, Accelerated: Reliability and Durability Testing, and Accurate Simulation. 10.1007/978-3-031-16655-6\_6
  23. Трансформация архитектурного формирования промышленных предприятий на современном этапе. Вершинин В.И. *Архитектура, градостроительство и дизайн*. 2020. № 2 (24). С. 36-46. [Transformation of the architectural formation of industrial enterprises at the present stage. Vershinin V.I. *Architecture, urban planning and design*. 2020. No. 2 (24). P. 36-46.]
  24. Особенности развития архитектурно-планировочной организации инновационных центров. Бенаи Х.А., Кривенко Е.А. *Вестник Донбасской национальной академии*

- строительства и архитектуры. 2014. № 2 (106). С. 13-18. [Features of the development of architectural and planning organization of innovation centers. Benai Kh.A., Krivenko E.A. Bulletin of the Donbass National Academy of Construction and Architecture. 2014. No. 2 (106). P. 13-18.]
25. Е.В. Сазыкина. Особенности архитектурно-планировочной организации производственных предприятий в условиях современного города // Архитектура и современные информационные технологии, 2017, № 1 (38), с. 213-224. [E.V. Sazykina Features of architectural and planning organization of industrial enterprises in the conditions of a modern city // Architecture and modern information technologies, 2017, No. 1 (38), P. 213-224.]
26. Особенности влияния атмосферных факторов на авиационные органические стекла. Мекалина И.В., Айзатулина М.К., Сентюрин Е.Г., Попов А.А. Труды ВИАМ. 2018. № 11 (71). С. 28-34. [Features of the influence of atmospheric factors on aviation organic glass. Mekalina I.V., Aizatulina M.K., Sentyurin E.G., Popov A.A. Proceedings of VIAM. 2018. No. 11 (71). P. 28-34.]
27. Луценко А.Н. Испытательный центр ФГУП «ВИАМ»: Основные направления исследований и испытаний, перспективы развития /В сб. материалов конф. «ТестМат–2013». М.: ВИАМ. 2013 . [Lutsenko A.N. Testing center of FSUE “VIAM”: Main directions of research and testing, development prospects / Proceedings of the conference “TestMat-2013”. M.: VIAM. 2013.]
28. "McKinley Climatic Laboratory". Aviation: From Sand Dunes to Sonic Booms. US National Park Service. <http://www.nps.gov/history/nr/travel/aviation/mck.htm>. Retrieved 2009-01-06.
29. Introduction to atmospheric corrosion research in China. October 2007. Science and Technology of Advanced Materials 8(7):559-565. DOI: 10.1016/j.stam.2007.08.010

#### Информация об авторах

**Сулейманов Альфред Мидхатович**, доктор технических наук, профессор, Казанский государственный архитектурно-строительный университет, член-корр. Академии наук Республики Татарстан, г. Казань, Российская Федерация

E-mail: [alfred-sulejmanov@yandex.ru](mailto:alfred-sulejmanov@yandex.ru)

**Сулейманова Елена Дмитриевна**, Казанский государственный архитектурно-строительный университет, г. Казань, Российская Федерация

E-mail: [elenasuleiman@rambler.ru](mailto:elenasuleiman@rambler.ru)

**Ширеева Диляра Галеевна**, Казанский государственный архитектурно-строительный университет, г. Казань, Российская Федерация

E-mail: [shireevadilyara@gmail.com](mailto:shireevadilyara@gmail.com)

#### Information about the authors

**Alfred M. Suleymanov**, doctor of technical sciences, professor, Kazan State University of Architecture and Engineering, corresponding member of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, Kazan, Russian Federation

Email: [alfred-sulejmanov@yandex.ru](mailto:alfred-sulejmanov@yandex.ru)

**Elena D. Suleymanova**, Senior Lecturer, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russian Federation

Email: [elenasuleiman@rambler.ru](mailto:elenasuleiman@rambler.ru)

**Dilyara G. Shireeva**, Senior Lecturer, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russian Federation

Email: [shireevadilyara@gmail.com](mailto:shireevadilyara@gmail.com)