

**Сборник научных трудов
по материалам III Международной конференции**

**ИССЛЕДОВАНИЯ ОСНОВНЫХ
НАПРАВЛЕНИЙ ТЕХНИЧЕСКИХ
И ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ НАУК**

20 декабря 2023 г

УДК 62
ББК 30
И 90

Главный редактор: Теслина Ольга Владимировна
Ответственный редактор: Панкратова Елена Евгеньевна

Исследования основных направлений технических и физико-математических наук [текст] : сборник научных трудов по материалам III Международной научной конференции 20 декабря 2023 г. – Волгоград : Издательство «Научное обозрение», 2023. – 52 с.

ISBN 978-5-9905256-7-2

В сборнике представлены материалы международной научной конференции «Исследования основных направлений технических и физико-математических наук». Сборник предназначен для научных работников, преподавателей, аспирантов, студентов, а также для широкого круга читателей с целью использования в научной и учебной деятельности. Ответственность за достоверность информации, изложенной в статьях, несут авторы.

УДК 62
ББК 30

Адрес редакции: Россия, г. Волгоград, ул. Ангарская, 17 «Г»
E-mail: sciconf@mail.ru

ISBN 978-5-9905256-7-2



===== CONTENTS =====

Technical sciences

Bekzhanova S.E., Isina B.M.,

Umbetzhanova A.T., Kosbarmakov S.J.

DIGITALIZATION OF THE TRANSPORTATION
PROCESS KTZ-FREIGHT TRANSPORTATION JSC.....5

Garanikov V.V.

STRUCTURAL MATERIALS CREEP
STUDY WHEN STRESSED AND LOADED.....11

Kolesnichenko M.V.

ANALYSIS OF METHODS AND
MEANS OF MONITORING THE SEISMIC
ACTIVITY OF THE MOON SURFACE.....21

Kopysova K.E.

CONCEPTUAL PRINCIPLES
OF BUILDING LIFE SUPPORT SYSTEMS
FOR THE PREMISES OF THE MOON BASE.....28

Sofronova E.S.

PRINCIPLES OF ELECTRONIC WARFARE
SYSTEMS WITH UNMANNED AERIAL VEHICLES.....38

===== СОДЕРЖАНИЕ =====

Технические науки

*Бекжанова С.Е., Исина Б.М.,
Умбетжанова А.Т., Косбармаков С.Ж.*
ЦИФРОВИЗАЦИЯ ПЕРЕВОЗОЧНОГО
ПРОЦЕССА В АО "КТЖ-ГРУЗОВЫЕ ПЕРЕВОЗКИ"5

Гараников В.В.
ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛЗУЧЕСТИ
КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ
ПРИ СЛОЖНОМ НАПРЯЖЕННОМ
СОСТОЯНИИ И НАГРУЖЕНИИ.....11

Колесниченко М.В.
АНАЛИЗ СПОСОБОВ И СРЕДСТВ
КОНТРОЛЯ СЕЙСМОАКТИВНОСТИ
ЛУННОЙ ПОВЕРХНОСТИ.....21

Копысова К.Е.
КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ПРИНЦИПЫ
ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ
ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ
ПОМЕЩЕНИЙ ЛУННОЙ БАЗЫ.....28

Софронова Е.С.
ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ
СИСТЕМ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ
БОРЬБЫ С БЕСПИЛОТНЫМИ
ЛЕТАТЕЛЬНЫМИ АППАРАТАМИ.....38

УДК 656.021

ЦИФРОВИЗАЦИЯ ПЕРЕВОЗОЧНОГО ПРОЦЕССА В АО "КТЖ-ГРУЗОВЫЕ ПЕРЕВОЗКИ"

С.Е. Бекжанова¹, Б.М. Исина²,
А.Т. Умбетжанова³, С.Ж. Косбармаков⁴

¹ доктор технических наук, профессор,
^{2,3,4} старший преподаватель

¹ Казахский национальный технический
университет им. К.И. Сатпаева,

^{2,3,4} Карагандинский технический университет
им. Абылкаса Сагинова

***Аннотация.** В данной статье рассматривается цифровизация перевозочного процесса в АО "КТЖ-ГРУЗОВЫЕ ПЕРЕВОЗКИ".*

***Ключевые слова:** перевозочный процесс, цифровая трансформация, автоматизация.*

В рамках цифровой трансформации, направленной на повышение прозрачности всех этапов перевозочного процесса в АО "КТЖ-Грузовые перевозки" успешно внедрена автоматизированная система управления "Договорная и коммерческая работа", которая принесла немало положительных изменений.

Задачи по обеспечению автоматизации и цифровизации грузовой деятельности являются приоритетным направлением в АО «НК «КТЖ». Информационные системы АСУ ДКР, ЕК ИОДВ, АС «Платежная система» избавят от многочисленных

согласований, непроизводительных потерь, повысят оперативность и эффективность работы железнодорожников по обслуживанию отправителей и получателей грузов.

В АО «НК «КТЖ» ведется работа по стопроцентному переходу на оформление перевозочных документов по безбумажной технологии. В настоящее время в компании успешно внедрены и действуют информационные системы АСУ ДКР, ЕК ИОДВ, АС «Платежная система».

В процессе становления этой системы будет поэтапно меняться и структура аппарата управления. В конечном итоге должен быть создан на уровне АО НК КТЖ» автоматизированный центр управления перевозками и (АЦУП) и Центр транспортного обслуживания (ЦУТО) на базе диспетчерского аппарата служб перевозок и грузовой работы.

Объединение вычислительных комплексов АО «НК «КТЖ» приведено на рисунке 1.

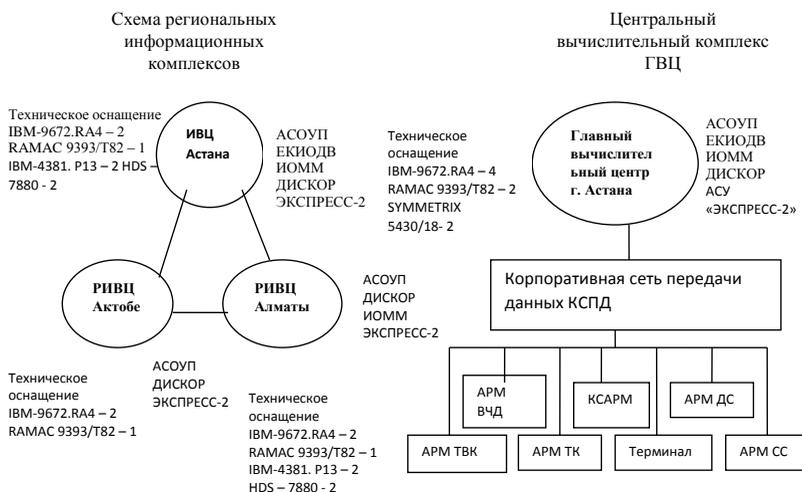


Рисунок 1. Объединение вычислительных комплексов АО «НК КТЖ»

Так, процент оформленных по безбумажной технологии вагонов во внутриреспубликанском сообщении уже составляет

95%. В части международных перевозок безбумажные осуществляются с ОАО «Российские железные дороги» в рамках заключенного Соглашения об осуществлении перевозок по безбумажной технологии с использованием электронной накладной. На сегодня процент оформленных вагонов в экспортном сообщении на ОАО «РЖД» составляет 71%, в импортном сообщении – 22%. В перспективе – развитие безбумажных перевозок с Китайской железной дорогой и другими сопредельными странами.

В настоящее время грузоотправители Казахстана осуществляют планирование и оформление перевозок с помощью автоматизированной системы управления «Договорная и коммерческая работа» (АСУ ДКР), в которой задействовано более 2 570 специалистов АО «КТЖ – Грузовые перевозки» и зарегистрировано свыше 42 тысяч клиентов.

Автоматизированная система позволила значительно снизить влияние человеческого фактора, коррупционную составляющую. В ней автоматически производится формирование накладных, в том числе по безбумажной технологии, вагонного листа, контроль проверки вагона по паспортным данным, кодов плательщика, подача электронной заявки на переадресовку грузов. Также взыскание тарифов, в том числе за пользование вагонами АО «Қазтеміртранс», осуществляется взаимодействие с информационными системами КГД МФ РК, МСХ РК, АО «KTZ Express».

Одним из важных показателей системы является обеспечение возможности круглосуточного оформления перевозочных документов. Сопровождение системы проводится работниками отдела АСУ ДКР и специалистами функционального направления аналитики системных проектов.

Также у грузоотправителей появилась возможность увидеть текущий баланс по ЕЛС. Необходимую информацию они могут получить благодаря АС «Платежная система». В системе формируется перечень по взысканным перевозкам. Итоговым результатом работы является обеспечение информированности плательщиков о суммах текущего баланса ЕЛС.

В компании действует единый комплекс интегрированной обработки дорожной ведомости – ЕК ИОДВ. Здесь осуществляются прием и обработка сообщений об отправлении грузов (сообщение 251), прибытии грузов на станцию назначения (сообщение 253), взысканных дополнительных сборах (сообщение 1536), оформленных на станциях, оснащенных АСУ ДКР (АРМ АГКР), и пяти ТехПД – Алматинского, Жамбылского, Актюбинского, Павлодарского, Карагандинского. Все сообщения, которые поступают в ЕК ИОДВ, проходят форматный и логический контроль. Итогом работы ЕК ИОДВ является формирование тяжелой статистической и финансовой отчетности для структурных подразделений компании, а также выдача суточной, декадной и месячной информации из базы данных ЕК ИОДВ для ЦМТ, ЦТП, ЦЖС, ТехПД, ЦРСУО, структурных подразделений АО «НК «КТЖ» и ТОО «КТЖ – Грузовые перевозки», а также формирование передаточных файлов для последующей загрузки в SAP.

Внедрение безбумажной технологии позволило существенно упростить процесс работы с клиентами. Например, время планирования сократилось с 11 часов до пяти минут во внутриреспубликанских отправлениях и с двух дней до часа в экспортных, а также процесс оформления накладных с 30 до пяти минут.

Ведутся работы по передаче данных из АСУ ДКР в SAP для отработки реализации функции отображения баланса ЕЛС клиентов, реализации передачи данных в смежные системы через шину SAP.

Работники смены проводят консультацию грузоотправителей и грузополучателей, товарных кассиров по оформлению в АСУ ДКР, следят за ее работоспособностью.

Переход на новую технологию формирования заказа (непрерывное планирование) по вопросам размещения и состояния отдельных грузов и вагонов на полигоне дороги, используется автоматизированный системы слежения и регулирования парка вагонов, который содержит данные о прогнозе и фактическом продвижении всех отдельных вагонов и

отправок в целях сохранности грузов и соблюдения сроков их доставки, а также для получения отчетной информации, характеризуют качественные показатели транспортного обслуживания.

Использовать принятую и обоснованную более гибкую тарифную политику, систему скидок и тарифов. Чем раньше клиент обратится с заявкой, тем экономичнее и выгоднее для него будет организована перевозка его груза. Ориентация на постоянный жесткий график движения поездов между крупными промышленными центрами с прибытием их на конечные пункты и с подачей вагонов к «дверям» потребителя в заранее обусловленное время.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бекжанова, С.Е., Исина, Б.М., Кенжекеева, А.Р. Автоматизированная информационная система электронной дорожной ведомости // Актуальные научные исследования в современном мире выпуск 10(54) Часть 1. Октябрь 2019 г. Переяслав-Хмельницкий, Украина. – С. 67-75.
2. Бекжанова, С.Е., Исина, Б.М. Разработка логических схем и блок-схем алгоритмов деятельности товарного кассира при решении задач управления // Свидетельство о государственной регистрации прав на объект авторского права № 6148 от «30» октября 2019 года. – С. 22.
3. Бекжанова, С.Е., Исина, Б.М. Айткурман, Е. Жүк ауданында көлікке қызмет көрсетуді автоматтандырылған орталықтан басқару. XLIV Международной научно-практической конференции «Инновационные технологии на транспорте: образование, наука, практика». Том 1. Алматы, 2020. – С. 210-213.
4. Гапанович, В.А., Розенберг, И.Н. Основные направления развития интеллектуального железнодорожного транспорта // Железнодорожный транспорт. – №4. – 2011. – С. 5-11.
5. Интеллектуальные транспортные системы железнодорожного транспорта (основы инновационных технологий) [Текст]: пособие /В. В. Скалозуб, В. П. Соловьев, И. В. Жуковицкий, К. В. Гончаров. –Д. : Изд-во Днепропетр. нац. ун-та ж.-д. трансп. им. акад. В. Лазаряна, 2013. – 207 с.
6. Коваленко, Е.А. Методология проектирования информационных систем организации – концепция двух зеркал // Российский академический журнал. – 2012. – № 4. – С. 38-41.

7. Электронная транспортная накладная. Этран
<http://www.intellex.ru/projects/etran/>

8. Intelligent Transport Systems (ITS) for sustainable mobility.
(2012) UN, Economic Commission for Europe, UNECE. Geneva, February,
2012. – 120 p.

Материал поступил в редакцию 13.12.23

DIGITALIZATION OF THE TRANSPORTATION PROCESS KTZ-FREIGHT TRANSPORTATION JSC

**S.E. Bekzhanova¹, B.M. Isina²,
A.T. Umbetzhanova³, S.J. Kosbarmakov⁴**

¹ Doctor of Technical Sciences, Professor, ^{2, 3, 4} Senior Lecturer
¹ Kazakh National Technical University named after K.I. Satpayev,
^{2, 3, 4} Karaganda Technical University named after Abylkas Saginov

***Abstract.** This article discusses the digitalization of the
transportation process in KTZ-FREIGHT TRANSPORTATION JSC.*

***Keywords:** transportation process, digital transformation,
automation.*

УДК 539.3

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛЗУЧЕСТИ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ СЛОЖНОМ НАПРЯЖЕННОМ СОСТОЯНИИ И НАГРУЖЕНИИ

В.В. Гараников, доктор технических наук,
заведующий кафедры
Тверской государственной технической университет (г. Тверь),
Россия

***Аннотация.** Целью данной работы являлось исследование ползучести стали 9Х2 при циклическом изменении напряжений и деформаций. При эксплуатации реальных тонкостенных конструкций, таких как трубы и сосуды высокого давления, в процессе циклического нагружения может наблюдаться явление накопления односторонних деформаций. Эффект получил название "циклической ползучести" или "ратчеттинга" и отмечается в экспериментах с контролем по напряжениям при нагружении циклически анизотропных материалов либо при ассимметричном нагружении изотропных материалов.*

***Ключевые слова:** эксперимент, ползучесть, сложное, циклическое, эксперимент, экстензометр, образец, программа, траектория.*

Сложность форм современных конструкций, повышение интенсивности воздействий приводит к неоднородности напряженно-деформируемого состояния, возникновению областей пластичности. Во многих случаях пластическое деформирование возникает в реальных технологических. Построение определяющих соотношений для произвольных процессов, воздействующих на упруговязкопластическое тело, является важной задачей механики деформируемого твердого

тела. Поэтому постановка экспериментов на широком классе траекторий, также проверка физической достоверности определяющих соотношений теории пластичности являются актуальной проблемой экспериментальной механики. В данной работе приведены результаты экспериментальных исследований, проведенных на автоматизированном расчетно-экспериментально комплексе СН-ЭВМ. Данный комплекс разработан в лаборатории механических испытаний Тверского государственного технического университета под руководством заслуженного деятеля науки и техники РФ, доктора технических наук, профессора В.Г. Зубчанинова и успешно функционирует до настоящего времени [6].

1.1 Методика экспериментальных исследований.

Комплекс состоит из нагружающей установки, реализующей трехпараметрическое воздействие на образец (осевая сила, кручение и внутреннее давление), датчиков усилий и деформаций, управляющей ЭВМ типа IBM PC и устройства связи с объектом (УСО).

Механическая часть выполнена на базе испытательной машины ЦДМУ-30 и включает замкнутую силовую раму с размещенными на ней элементами крепления образца и приводами реализуемых усилий. В процессе автоматизации регулятор давления (РД) гидросистемы был дополнен приводом, управление которым осуществлялось программно с блока задающего параметры нагружения. Аналогично была проведена модернизация гидростанции внутреннего давления подводимого в образец. Механическая часть привода кручения была взята за основу. Для улучшения параметров регулирования увеличили редукцию и заменили двигатель привода. Более подробное описание комплекса представлено в монографии [3, 4]. Измерение нагрузок действующих на образец, осуществляется двухкомпонентным силоизмерителем осевой нагрузки и крутящего момента. Датчик рассчитан на осевую силу 60 Кн и крутящий момент 0.5 Кн·м. Погрешность в определении компонент нагрузки не превышает ± 0.12 кН, ± 3 нм соответственно.

Для измерения осевых, окружных и сдвиговых перемещений оболочки применялся экстензометр [5]. Он состоит из верхней и нижней частей, которые имеют две степени свободы перемещений друг относительно друга. Эти две части соединены между собой посредством трех упругих элементов, обеспечивающих их осевое перемещение и шарикоподшипникового узла, который обеспечивает относительный поворот двух частей. На верхней и нижней части прибора под углом 120° установлены по три подпружиненных упора для фиксации его на образце. В верхней части устройства смонтирован тензометр поперечных деформаций, состоящий из струны, которая по полупериметру обхватывает образец, концы которой жестко закреплены в подпружиненной обойме. В обойму ввернута направляющая с отверстием, в котором установлен шток индуктивного датчика. Устройство работает следующим образом. При осевом деформировании образца происходит осевое относительное смещение верхней и нижней части, которое фиксируется упругими элементами с наклеенными на них тензорезисторами. При закручивании образца происходит относительное угловое перемещение верхней части относительно нижней, которое также фиксируется упругим элементом с наклеенными тензорезисторами. Установка на верхней части экстензометра спирали Архимеда повышает точность измерения угловых деформаций, за счет устранения нелинейности характеристики выходного сигнала от угла поворота. При помощи экстензометра осевое перемещение образца на базе прибора 50 ± 0.1 мм. измеряется с погрешностью не более $\pm 6 \cdot 10^{-3}$ мм, угол поворота $\pm 7 \cdot 10^{-4}$ рад., изменение величины радиуса оболочки $\pm 3 \cdot 10^{-3}$ мм. Диапазон перемещений – осевое 2 мм, угловое 0.25 рад., радиальное ± 0.6 мм. Единица цифровой регистрации деформации $4 \cdot 10^{-5}$ на всей шкале и $4 \cdot 10^{-6}$ на начальном участке в 10% от диапазона. Устройство позволяет независимо регулировать процесс растяжения (сжатия) и закручивания тензометра с точностью по осевым перемещениям $1 \cdot 10^{-3}$ мм и углу поворота $1 \cdot 10^{-4}$ рад.

Захваты для образцов [2], используемые в испытаниях, состоят из двух колец и корпусной вилки, соединенных во взаимноперпендикулярном направлении в горизонтальной плоскости, образующих крестообразный шарнир Гука. Корпусная вилка верхнего захвата крепится на верхнего захвата крепится верхнюю траверсу, нижнего захвата непосредственно к двухкомпонентному силоизмерителю. Единый блок нижний захват силоизмерителя на нижней подвижной траверсе. Благодаря наличию крестовин захваты могут самоустанавливаться под действием приложенных усилий, что исключает влияние эксцентриситета осевой силы.

При нагружении образца внутренним давлением обычно герметизируют его торцы пробками. При этом возникает дополнительное усилие растяжения, которое усложняет управление экспериментом и снижает точность. Для исключения этого явления на установке СН применяется приспособление в виде сплошного цилиндрического сердечника с герметизирующими элементами на концах. На длине рабочей части образца его диаметр на 2...5 мм меньше внутреннего диаметра образца. При этом усилие от давления замыкается на жесткий сердечник и не влияет на канал управления осевой силой.

Эксперименты выполнены на тонкостенных круговых цилиндрических оболочках. Образцы изготавливались по специально разработанной и апробированной технологии. Наружная и внутренняя поверхности образцов обработаны по седьмому классу точности. Тонкостенные трубчатые образцы имели толщину стенки $h = 1$ мм, радиус срединной поверхности $R = 15$ мм, длину рабочей части $L = 6R$. Перед испытаниями проводился контроль геометрических размеров оболочек в соответствии с ГОСТ 12501-67 и ГОСТ 10006-80 в восьми точках в двух взаимноперпендикулярных направлениях. Оболочки с разностенностью более 0.03 мм отбраковывались.

1.2 Функционирование комплекса под управлением ЭВМ

Программная часть системы обеспечивает выполнение функций формирования исходных данных для управления и условий реализации алгоритма, задание траектории нагружения, сбор и обработку измерительной информации о ходе эксперимента, реализацию функций регулятора системы автоматического управления, обработку внешнего изменения условий и параметров процесса нагружения.

Работа программы начинается с ввода исходных данных, которыми являются: признак вида эксперимента (управление по деформациям или по нагрузкам), количество участков траектории, скорость нагружения. Отдельно для каждого участка задаются: тип траектории (отрезок прямой или дуга окружности), предлагаемая длина отрезка, угол наклона отрезка, начальная фаза и радиус кривизны дуги, количество витков, начальный радиус, направление развития спирали. Исходные параметры вводятся в понятной для экспериментатора форме, затем они масштабируются в машинные эквиваленты.

Сбор измерительной информации осуществляет программа, которая осуществляет управление коммутатором и АЦП. Помимо этого в состав массива анализируемых данных входят в виде признаков, требующих изменения параметров и условий выполнения программы, значения, задаваемые вручную с блока генератора констант.

Эксперименты в пространстве деформаций проводились при постоянной скорости деформирования. С целью исключения влияния релаксационных эффектов на результаты опытов, скорость деформации принималась $S=10^{-6}$ 1/сек. в зоне упругопластических деформаций и $S=5 \cdot 10^{-6}$ 1/сек. в пределах упругости. При проведении испытаний в пространстве напряжений диапазон изменения скоростей нагружения составлял $\sigma=0.02 \dots 0.1$ Мпа/с.

2. Результаты экспериментального исследование ползучести стали 9х2 при циклическом изменении напряжений и деформаций

Испытания, в которых круговые тонкостенные цилиндрические оболочки подвергали воздействию осевой силы

и крутящего момента, проведены на автоматизированном расчетно-экспериментальном комплексе СМ-ЭВМ.

Программа испытаний в пространстве напряжений состояла в следующем (рис. 1).

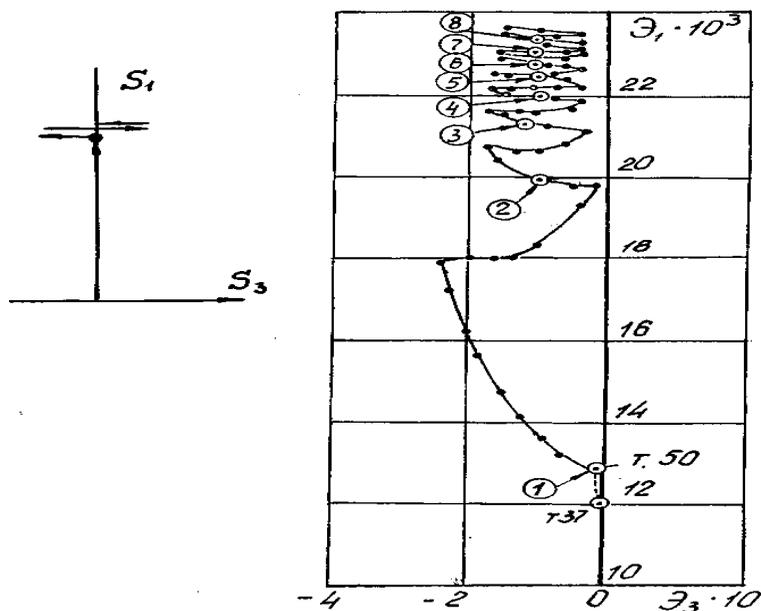


Рис. 1. Программа испытаний и траектория деформаций

После предварительного растяжения ($S_1=300$ Мпа), полной разгрузки и последующего нагружения до уровня $S_1=318$ Мпа осуществлялась полная выборка ползучести. После выборки ползучести при условии поддержания $S_1=const$ осуществлялось сложное нагружение циклически (с постоянной скоростью) изменяющимся напряжением $-150 < S_3 < 150$ (Мпа) (рис. 1). Отклик на данную программу нагружения представлен в виде траектории деформаций, изображенной на рис. 1. Точки, отмеченные номерами 37, 50, отвечают соответственно началу и окончанию процесса выборки ползучести. Точки, обозначенные цифрами в кружках, соответствуют началу циклов сложного

нагружения. Как видно из рис. 1, циклическое закручивание оболочки при $S_1 = \text{const}$ приводит к существенному увеличению компоненты \mathcal{E}_1 вектора деформаций \mathcal{E} , причем наибольший рост характерен для первого цикла сложного нагружения и составляет более 50% от значения \mathcal{E}_1 в точке начала реализации сложного процесса. После пятого цикла степень прироста модуля вектора деформаций практически стабилизируется.

Всего было выполнено 10 полных циклов нагружения по S_3 . Диаграмма деформирования представлена на рис. 2. Треугольники отвечают предварительной полной разгрузке, кружки с внешними крестиками соответствуют повторному простому нагружению до $S_1 = 318$ Мпа.

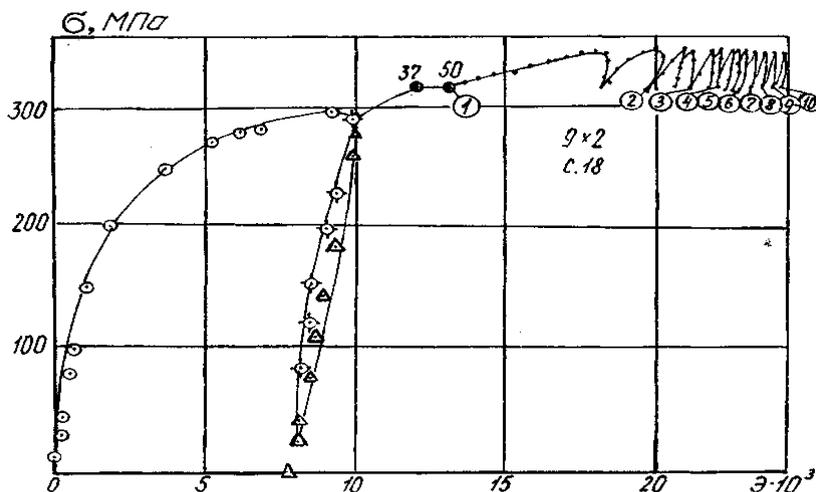


Рис. 2. Диаграмма деформирования

Программа испытаний в пространстве деформаций представлена на рис.3. Предварительное нагружение осуществлено растяжением до уровня деформации $\mathcal{E} = \mathcal{E}_1 = 0.9\%$. После разгрузки ($\sigma = 0$) и повторного нагружения до $\mathcal{E} = \mathcal{E}_1 = 0.1\%$, было реализовано циклическое деформирование кручением — $0.1\% < \mathcal{E}_3 < +0.1\%$. На рис. 3 представлена траектория нагружения, отвечающая реализованной программе деформирования. Стрелка на данном рисунке указывает начальную точку

реализации сложного процесса. Сложное деформирование приводит к уменьшению модуля вектора напряжений за счет изменения компоненты S_1 . При этом наибольшее падение значения S_1 наблюдается на первом цикле деформирования и составляет 23% от достигнутого уровня S_1 в точке начала реализации сложного процесса. К 10-му циклу траектория нагружения практически стабилизируется. С целью проверки данного результата в ходе эксперимента была изменена амплитуда компоненты Θ_3 до значения $|\Theta_3|=0.2\%$. В данном опыте траектория нагружения стабилизируется к 8 циклу. Подобные результаты экспериментов были получены и для других материалов [1, 3-5].

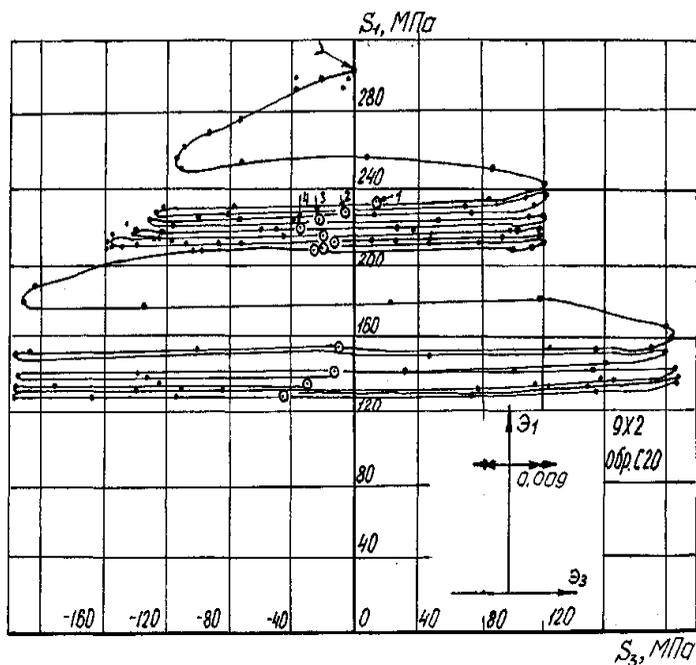


Рис. 3. Программа деформирования и траектория нагружения

По результатам проведенных испытаний, можно сделать следующий вывод: циклическое закручивание с малой амплитудой (при $S_1 = \text{const}$) приводит к существенному

увеличению компоненты $\dot{\epsilon}_1$ и уменьшению S_1 (при $\dot{\epsilon}_1 = \text{const}$). Скорость изменения $\dot{\epsilon}_1$ (S_1) имеет наибольшее значение на первом цикле и стабилизируется к пятому циклу нагружения (деформирования)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андреев, А.П., Зубчанинов, В.Г., Иванов, Д.И. Силомоментный датчик. А.с.№1624284 СССР, МКИ:G 01 N 3/10. // Бюллетень Открытий и Изобретений. – №4, 1991.
2. Андреев, А.П., Зубчанинов, В.Г., Иванов, Д.И. Устройство для крепления трубчатых образцов с головками. А.с.№1298585 СССР, МКИ:G 01 N 3/04.// Бюллетень Открытий и Изобретений. – №11, 1987.
3. Гараников, В.В., Зубчанинов, В.Г., Охлопков, Н.Л. Экспериментальная пластичность: Монография. Книга 2: Процессы сложного нагружения. – Тверь: ТГТУ, 2004. – 184 с.
4. Гараников, В.В., Зубчанинов, В.Г., Охлопков, Н.Л. Экспериментальная пластичность: Монография. Книга 1: Процессы сложного деформирования. – Тверь: ТГТУ, 2003. – 172 с.
5. Гараников, В.В., Зубчанинов, В.Г., Охлопков, Н.Л. Устройство для измерения деформаций при сложном нагружении // Свидетельство Роспатента на полезную модель №13092. Бюллетень №8. – 2000. – с. 309.
6. Зубчанинов, В.Г. Автоматизированный комплекс для исследования упруговязкопластичных свойств материалов при сложном нагружении. Решение о выдаче свидетельства на полезную модель. // В.Г. Зубчанинов, А.В.Акимов, Н.Л.Охлопков. – М.: ВНИИГПЭ, 1997. №97108023/20(008702).

Материал поступил в редакцию 24.11.23

STRUCTURAL MATERIALS CREEP STUDY WHEN STRESSED AND LOADED

V.V. Garanikov, Doctor of Technical Sciences,
Head of the Department
Tver State Technical University (Tver), Russia

***Abstract.** The purpose of this work was to study the creep of 9X2 steel during cyclic changes in stresses and deformations. During the operation of real thin-walled structures, such as pipes and pressure vessels, the phenomenon of accumulation of one-sided deformations can be observed during cyclic loading. The effect is called "cyclic creep" or "ratchetting" and is noted in experiments with voltage control when loading cyclically anisotropic materials or when asymmetric loading isotropic materials.*

***Keywords:** experiment, creep, complex, cyclic, experiment, extensometer, sample, program, trajectory.*

УДК 523.03.550.34

АНАЛИЗ СПОСОБОВ И СРЕДСТВ КОНТРОЛЯ СЕЙСМОАКТИВНОСТИ ЛУННОЙ ПОВЕРХНОСТИ

М.В. Колесниченко, магистрант
Научный руководитель: **В.П. Ларин**,
доктор технических наук, профессор
Санкт-Петербургский государственный университет
аэрокосмического приборостроения, Россия

***Аннотация.** Изложены результаты работ по системному анализу при проектировании системы контроля сейсмической и тектонической активности Луны. Выполнен анализ разработок по системе прогнозирования лунной сейсмоактивности. Приведены структурно-функциональные модели задач системы контроля сейсмической и тектонической активности Луны. Рассмотрена практическая значимость решения задач создания системы прогнозирования.*

***Ключевые слова:** сейсмическая активность Луны, контроль сейсмоактивности, сейсмическое районирование.*

Введение. В настоящее время почти у десятка стран имеются программы освоения космического пространства, в которых приоритетной задачей является освоение Луны. В связи с этим одной из главных проблем становится создание условий безопасного пребывания людей на лунной поверхности. В числе достаточно большого количества факторов, угрожающих пребыванию и жизни людей на поверхности Луны, необходимо учитывать опасности, являющиеся результатами сейсмической активности Луны.

Система лунной сейсморегистрации существовала в 1969-1977 годах на основе сети лунных сейсмографов в рамках программ «Аполлон». Отдельные результаты получены по программам «Луна-Глоб», индийской ILSA и др. Планируемые

в разных странах программы продолжения исследования Луны, содержат решение задач расширения сети сейсморегистрации, увеличения чувствительности датчиков, выполнения регистрации процессов в квазистатическом диапазоне частот и др. Контроль и регистрация лунной сейсмоактивности имеет основной целью исследование структуры, состава и состояния лунной среды, ядра Луны и его параметров.

Актуальность проблемы. Сейсмическая активность Луны представляет собой результаты поверхностной генерации продольных и поперечных волн внутри лунной среды с импульсными или квазинепрерывными временными процессами. Система наблюдения за сейсмической активностью Луны, как небесного тела, представляет собой важное и актуальное направление исследований в современной астрономии и космонавтике. Изучение сейсмической активности лунной поверхности позволяет лучше понять процессы, приведшие к формированию лунных гор и кратеров, а также к изменениям в её структуре и составе на протяжении миллиардов лет. Проведенный анализ публикаций по проблемам лунной сейсмоактивности показывает, что в настоящее время не созданы теоретические основы и отсутствует система прогнозирования поверхностных и подповерхностных процессов и событий, что ставит под вопрос реальность создания и безопасного функционирования лунной базы. Нужна не просто система регистрации параметров колебаний, а система прогнозирования и предотвращения угроз безопасному освоению Луны.

Цель публикации. Настоящая статья представляет собой реализацию прикладной научно-технической темы, содержащей анализ существующих решений по созданию системы контроля и прогнозирования сейсмической активности лунной поверхности.

Анализ разработок по системе прогнозирования лунной сейсмоактивности. Сейсмическая активность на Луне может быть вызвана различными процессами, включая метеоритные удары, термическую активность, приливные силы Солнца и Земли и тектонические явления. Наибольшую

опасность для возможных обитаемых станций представляют тектонические лунотрясения.

Представим задачи системного анализа по разработке системы контроля сейсмической и тектонической активности Луны в виде структурно-функциональной модели, изображенной на рис. 1.

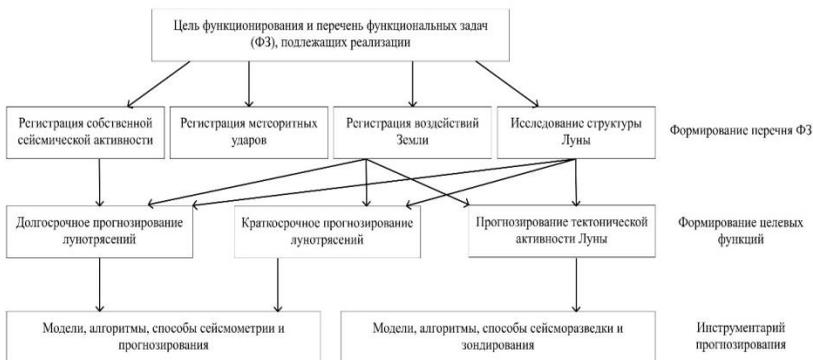


Рис. 1. Структура функциональных задач системы контроля сейсмической и тектонической активности Луны

На данный момент разработано много новых способов регистрации землетрясений, например, регистрация газоразрядной визуализации воздуха на поверхности среды [1], или способ определения вероятности землетрясения с помощью зондирования облачного покрова Земли [2], но все они не подходят для условий Луны из-за отсутствия атмосферы. Также существует метод сейсмического прогнозирования при наблюдении бинарной системы «Земля – Луна» в моделированном «пространстве Козырева» [4], но он также предназначен для поверхности Земли и не имеет под собой достаточной доказательной базы.

В настоящее время единственным способом регистрации сейсмической активности на Луне являются сейсмометры, которые были установлены на лунной поверхности в рамках программы «Аполлон». Для создания системы прогнозирования

лунной сейсмоактивности следует выполнить сейсмическое районирование, оно имеет важное значение для будущих миссий и исследований на Луне, а также для обеспечения безопасности и эффективности деятельности на её поверхности.

Для начала требуется провести сбор и анализ исторических данных о лунных сейсмических событиях, таких как программа "Аполлон" и беспилотные полеты с доставкой исследовательской аппаратуры, доставившие ценную информацию об особенностях лунной поверхности.

Далее планируется расширить сейсмическую сеть на Луне, что требует установки сети сейсмометров и другого оборудования. Это позволит регистрировать текущую сейсмическую активность и получать данные о частоте и интенсивности сейсмических событий. Для определения потенциальных источников сейсмической активности важно понимание геологической структуры Луны, включая наличие разломов и геологических формаций.

Данные о лунных сейсмических событиях и геологической структуре позволят интегрировать их для районирования, т.е. для классификации лунной поверхности на районы с разными уровнями сейсмической активности. Важной частью сейсмического районирования является оценка риска для будущих миссий и исследований на Луне. Сейсмическое районирование позволит разрабатывать стандарты и нормативы для проектирования и строительства лунных баз и инфраструктуры с учетом сейсмических рисков.

Серьезной проблемой в рассматриваемой сейсморазведке является то, что лунные сейсмограммы совершенно непохожи на земные: амплитуда зарегистрированных сейсмических колебаний нарастает постепенно и еще более медленно спадает. Для выделения волн приходится использовать узкополосные частотные и поляризационные фильтры.

Для увеличения числа регистрируемых событий следует повысить чувствительность сейсмометра. Вот несколько, предложенных в публикациях способов, как это можно сделать:

- увеличение длины сейсмического массива. Позволит улавливать более низкие частоты сейсмических волн. Для этого требуется установка нескольких сейсмометров на определенном расстоянии друг от друга, то есть создание сейсмической сети.

- уменьшение шумов и вибраций. Повышение чувствительности включает в себя уменьшение помех путем более тщательной изоляции сейсмометра от окружающей среды.

- увеличение коэффициента усиления. Использование сильного усилителя позволит увеличить амплитуду сейсмических сигналов.

- использование более чувствительных датчиков. Увеличить чувствительность следует до 10^{-9} см на частоте 1 Гц.

- использование низкочастотной электроники.

- оптимизация полосы пропускания.

- регулярный мониторинг и калибровка сейсмометра.

Помимо всего перечисленного, конечно, следует вести разработку новых способов сейсмометрии, сейсморазведки и зондирования лунной поверхности.

Практическая значимость решения задач создания системы прогнозирования. Подробное изучение сейсмической активности на Луне с целью создания системы прогнозирования процессов с высокой степенью достоверности, связано с обеспечением решения следующих практических задач лунных исследований:

- создание эффективных стратегий и технологий для исследования и промышленного освоения лунной поверхности и недр;

- геологоразведка, поиск подповерхностных ресурсов (например, таких, как вода);

- определение безопасных районов для будущих посадок космических аппаратов и создания стартовых площадок для полетов на другие планеты;

- изучение физики сейсмических волн в естественных и искусственных подповерхностных структурах;

- разработка проектов строительства и конструкций модулей жилых и служебных помещений лунной базы.

Заключение. Развитие системы прогнозирования и контроля сейсмической активности на Луне представляет собой важную задачу для будущих миссий и исследований на её поверхности. С учетом разнообразных факторов, способных вызвать сейсмическую активность лунной поверхности, обеспечение безопасности и эффективности деятельности на ней становится ключевым вопросом. Предложенная в статье структура функциональных задач системы контроля сейсмической и тектонической активности Луны (рис. 1) может быть полезной для решения комплексной теоретической задачи прогнозирования. Разработка более чувствительных сейсмометров и совершенствование методов анализа сейсмических данных являются важными практическими шагами в этом направлении.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Патент RU 2 655 027 C1, 12.12.2016
2. Патент RU 2 269 800 C2, 26.02.2002
3. Шишкин, В.В., Гранёв И.В., Шелемба И.С. Отечественный опыт производства и применения волоконно-оптических датчиков // Научная литература. – Пермь, 2016. – 15 с.
4. <https://zerkala-k.com> › t-v-kuznetsova

Материал поступил в редакцию 31.10.23

ANALYSIS OF METHODS AND MEANS OF MONITORING THE SEISMIC ACTIVITY OF THE MOON SURFACE

M.V. Kolesnichenko, Master's Degree Student

Research Advisor: **V.P. Larin**,

Doctor of Technical Sciences, Professor

Saint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation
(SUAI), Russia

***Abstract.** The results of work on system analysis in the design of a system for monitoring the seismic and tectonic activity of the Moon are presented. The analysis of developments on the moon seismic activity forecasting system has been carried out. Structural and functional models of the tasks of the control system of seismic and tectonic activity of the Moon are presented. The practical significance of solving the problems of creating a forecasting system is considered.*

***Keywords:** seismic activity of the Moon, monitoring of seismic activity, seismic zoning.*

УДК 523.3.629.048

КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОМЕЩЕНИЙ ЛУННОЙ БАЗЫ

К.Е. Копысова, магистрант

Научный руководитель: **В.П. Ларин**,

доктор технических наук, профессор

Санкт-Петербургский государственный университет
аэрокосмического приборостроения, Россия

***Аннотация.** Изложены результаты работ по системному анализу при проектировании системы контроля и регулирования параметров микроклимата воздушной среды служебного помещения лунной базы. Данная система входит в состав системы верхнего уровня, представляющей собой систему жизнеобеспечения лунной базы. Рассмотрены концептуальные принципы и функциональные задачи формирования структуры системы контроля и регулирования микроклимата служебного помещения лунной базы. Предложен модульный принцип унификации системного построения структуры, алгоритмическая модель системного анализа и методика дискретного синтеза при проектировании системы контроля и регулирования микроклимата конкретного помещения лунной базы.*

***Ключевые слова:** система жизнеобеспечения, воздушная среда, помещение лунной базы, микроклимат.*

Введение. Термин «жизнеобеспечение», применительно к помещению, предназначенному для обеспечения безопасной работы, имеет весьма широкое понятие. Для решения конкретных задач проектирования необходимо определить исходные требования проекта и ввести некоторые ограничения. Примем за основу, что в рассматриваемой конструкции

помещения лунной базы обеспечена герметичность, теплоизоляция, реализована защита от космической радиации и метеорных частиц и допустим, что реализованы элементы системы БИОС-4 [3]. При этих начальных условиях задача исследования заключалась в выполнении системного анализа и разработки принципов построения системы контроля и регулирования (СКР), обеспечивающей служебное помещение лунной базы основными видами элементов воздушной среды обитания: рабочей температурой, давлением, влажностью и необходимым газовым составом.

Кроме этого, при проектировании СКР конкретного помещения лунной базы необходимо принятие следующих основных исходных ограничений: максимальное количество рабочих мест; минимальный объем помещения; максимальная непрерывная длительность рабочего времени; максимальная электронагрузка оборудования помещения; максимальное суточное потребление электроэнергии.

Жизнеобеспечение в помещении реализуется на основе создания микроклимата, созданного и поддерживаемого аппаратной СКР. Под микроклиматом помещений понимается климат окружающей человека внутренней среды этих помещений, который определяется действующими на организм человека сочетаниями состава этой среды, относимых обычно к внешним влияющим факторам (ВВФ). Управление микроклиматом обычно осуществляется при помощи следующих инженерных систем: комплекса газоанализаторов, системы кондиционирования и вентиляции, системы отопления, увлажнения/осушения воздуха, ионизации и т.д.

Формулировка проблемы. Несмотря на большое число публикаций по задачам создания баз для активного исследования Луны и планет солнечной системы, проблема жизнеобеспечения для пребывания человека не станет менее актуальной, пока не появится хоть какой-то опыт в этом направлении. Поэтому любая программа освоения Луны является экспериментальным полигоном для решения различных задач экспедиционных освоений небесных тел. Однако обзор публикаций, посвященных лунной тематике,

показывает недостаточное внимание целенаправленного процессного подхода по созданию, в первую очередь, теоретической базы обеспечения условий абсолютно безопасного «прилунения», не говоря уже о выполнении каких-либо комплексных работ по жизнеобеспечению деятельности.

Цель публикации заключается в желании внести свой вклад в отработку системного подхода, концептуальных принципов, которые должны быть положены в основу надежностного проектирования систем жизнеобеспечения в помещениях лунной базы. В качестве методического обеспечения системного подхода предлагается интегрированный модульный метод анализа и синтеза системной структуры [1], основанный на комбинировании функционально-модульного и объектно-ориентированного подходов.

Анализ исходных условий проекта. Предполагается, что лунная база будет состоять из определенного множества помещений, построенных на основе модульного подхода к созданию всей базы. Модульное проектирование предполагает функциональную, конструктивную и технологическую завершенность проекта каждого помещения с соответствующим информационным обеспечением принимаемых решений. Соответственно каждый модуль СКР должен иметь функциональную законченность и, в зависимости от решаемых задач, относиться к управляющим, преобразовательным, измерительным, регулирующим, специальным (сравнивающим, процессорным) соединительным, питающим и др. видам модулей проекта помещения. Конструктивная законченность модуля определяется специфическими условиями его функционирования и характеристиками климатической среды помещения. Модульное интегрированное проектирование имеет различные модификации, рассмотренные в публикации [1]. Для проектирования помещений лунной базы целесообразно взять за основу функционально-модульный метод проектирования. Он заключается в разложении всех функциональных задач (ФЗ) проекта помещения на функционально законченные элементы с использованием алгоритмической декомпозиции и

установлении определенного порядка действий, реализуемых элементами. Система, построенная по этому методу, трудно поддается изменениям взаимосвязей и подходит только для отдельных подсистем с относительно стабильными функциональными задачами, полностью покрываемыми конструктивными объектно-ориентированными модулями [1, 2].

В качестве базовой основы создания проекта любого помещения лунной базы, предлагаются следующие концептуальные принципы:

1. Автономность и самодостаточность. Принцип должен определить необходимость стремления к максимальной самодостаточности функционирования базы в целом и служебных помещений в частности для минимизации зависимости от регулярных поставок с Земли. Автономность деятельности должна быть фундаментальной основой пребывания человека на Луне. Это включает в себя не только обеспечение необходимыми ресурсами, но и управление отходами и возможность переработки уже использованных ресурсов.

2. Эффективное использование ресурсов и управление их использованием.

Этот принцип тесно связан с первым и заключается в эффективном и экономном использовании лунных ресурсов. Управление ресурсами при эффективном планировании и управлении запасами, включая энергию, воду и пищу, является основой стабильности и бесперебойной работы систем жизнеобеспечения [3].

3. Надежность. Реализация надежностного проектирования на основе базовых свойств надежности, должна быть фундаментальной основой создания системы безопасности и защиты космонавтов. Эффективные системы прогнозирования, обнаружения и предотвращения опасных и нежелательных событий должны функционировать с момента прибытия человека на Луну.

4. Мониторинг и контроль параметров среды. Без реализации этого принципа невозможно обеспечение ни надежности, ни управляемости жизнеобеспечением. Принцип

связан, в первую очередь, с обеспечением стабильных климатических условий и комфортной температуры внутри помещений лунной базы. Это необходимо для сохранения здоровья и производительности космонавтов, а также для безотказного функционирования оборудования и выполнения научных исследований.

Перечисленные концептуальные принципы положены в основу изложенного далее материала по созданию эффективных и надежных систем жизнеобеспечения исследовательских и производственных лунных баз. **Содержание решаемых задач.** Задачи проектирования системы жизнеобеспечения относятся к классу многокритериальных задач выбора оптимального варианта на основе имеющихся альтернатив и их формализованный вид можно выразить тройкой объектов: $FS = \langle G, R, X \rangle$, где G – характеристики цели многокритериального выбора (задача), R – множество критериев, X – множество альтернатив. Укрупненная логическая схема процесса проектирования приведена на рис. 1.

Содержание задач проектирования	Информационно-методическое обеспечение
Формулировка цели функционирования и формирование множества функциональных задач (ФЗ), подлежащих реализации в проекте данного помещения	
Преобразование каждой ФЗ в комплект элементарных операций (ЭО)	← Методика построения связей функций и целей
Преобразование комплектов ЭО в комплекты библиотечных функций с дополнением функциональных спецификаций	← Использование идентификатора и библиотеки функциональных элементов (ФЗ) F
Формирование структурно-функциональной модели G системы из множества F ФЗ с назначением векторов цели E	← Критерии структурной оптимизации СКР (по функциональности, номенклатуре)
Построение структурной схемы СКР. Оптимизация структуры	← Применение методики построения связей ФЗ и конструктивных модулей (КМ) матрицы K , реализующих ФЗ в СКР
Покрывание структурных элементов конструктивными модулями. Формирование соответствий $S_i \subseteq (F \times K)$	← Учет требования T к параметрам модулей СКР
Составление матрицы синтезированных элементов $C(T, L)$ системы S	← Ограничения (L) на модули структуры СКР (ресурсные, временные, точностные)

Рис. 1. Укрупненная логическая схема процесса проектирования

Как правило, в задачах проектирования таких систем существует большое количество рассматриваемых альтернатив, и необходимо использование нескольких критериев (порядка четырех, пяти) для оценки решений. В этом случае может быть применен методический подход, рассмотренный в [2], заключающийся в том, что каждая альтернатива, введенная по определенному признаку, рассматривается как элемент системы с атрибутами $\langle xj1, xj2, xj3 \rangle$ (*способ воздействия (функция), объект воздействия, функциональный элемент (средство)*). В качестве исходных данных для функциональных задач (ФЗ) проектирования, приведенных на рис. 1, используются описания операций, составляющих ФЗ. ФЗ «Защита» от ВВФ (радиационных, гравитационных, метеоритных, электромагнитных) относится к нерегулируемым воздействиям.

Они исследуются и реализуются при строительстве базы. Для рассматриваемого служебного помещения решается только множество ФЗ «Регулирование» с функциями контроля и регулирования климатических параметров среды помещения, газового состава, биологических артефактов).

Начальным этапом функционального анализа является структурирование вербального описания функциональных задач СКР таким образом, чтобы можно было сформировать множество элементарных операций (ЭО) для каждой ФЗ; (рис. 1). Получаем множество компонентных моделей ЭО с присвоенными функциональными спецификациями, описывающими требуемые характеристики системы по каждой из ФЗ. Функциональные спецификации содержат формализованные перечни видов и форм сигналов (имя, управляющие входы, выходы), параметров, с дополнениями полярности, частоты, длительности, допуска и др. В каждой ячейке компонентной модели последовательно будем иметь конечное множество действий и вид результата работы СКР.

Следующая процедура – выполнение функциональной компиляции и получение из ЭО и функциональных спецификаций комплектов функциональных элементов (ФЭ). Получается компонентная модель комплектов ФЭ с достаточным описанием функционирования любого устройства СКР.

Центральным этапом методологии системного анализа СКР является определение целей E проектируемой системы. Для определения границ областей проектного технического задания необходимо систему разбить на подсистемы так, чтобы каждой целевой ФЗ СКР соответствовала подсистема S_i с комплексом целевых контрольно-регулирующих ФЭ, определяющих способность системы выполнять заданную цель. Это позволяет наделять комплекты ФЭ перечнем конкретных требований и ограничений, которые можно выразить количественно и формализовать цели СКР, т.е. установить отношения, связывающие параметры комплектов ФЭ с целями. Цели обычно формируются не в терминах состояния конструируемой системы, а в своих целевых параметрах,

образующих вектор цели $V = (V_1, \dots, V_n)$, где каждый целевой параметр $V_i = \overline{\psi_i(S)}$, $i = \overline{1, n}$, определяет свою связь с комплектом ФЭ подсистемы S_i посредством функции ψ_i . Установление этих соотношений позволяет связать параметры подсистемы с данной целью, определить, какие средства подсистемы S_i необходимо использовать для достижения цели V_i и наметить связи «цели-средства».

Следующая процедура осуществляет переход от функционального представления системы к структурному на основе алгоритма структурного синтеза СКР. Задачей структурного синтеза является создание обобщенного облика СКР (макроописания), состоящего из обобщенных описаний входящих в неё модулей [2].

Проводя последовательную формализацию, заключающуюся в структуризации классифицирующей функции (основной функции для ФЭ₃ модуля F_m^o), её можно представить как функцию блока, модуля, микромодуля в зависимости от уровня

структурного рассмотрения: $F_m^o = \bigcup_{b=1}^B F_b + \bigcup_{b=1}^B F_b \subset \bigcup_{e=1}^E F_e + \bigcup_{e=1}^E F_e$,

где B – число модулей в блоке, E – число элементов модуля. Каждый блок и элемент модуля может обладать определенной элементарной целевой функцией f_{mj}^c .

Итогом формализации является получение матрицы связи элементарных целевых функций f_{mj}^c (на основе параметров единичных действий конкретной функции) и конструктивных устройств модулей, реализующих действие рассматриваемой функции.

После этого по матрице $[K]$ для каждой строки, т.е. для функций каждого типа модуля, находим совокупность конструктивных модулей, способных реализовать все функции, соответствующие некоторой подсистеме типа m . В результате выполнения этих операций получаем матрицу, $C = \|c_{mk}\|, m = \overline{1, M}, k = \overline{1, K}$

Заключение. Полная конструктивная структура – макроописание СКР будет состоять из S совокупности подсистем, функционирующих в соответствии с программой контроля и регулировки параметров среды помещения. Рассмотренная алгоритмическая модель последовательного поэтапного системного анализа и структурного синтеза представляет собой методическую основу проектирования СКР, позволяющую существенно сократить время, затрачиваемое на проект и снизить трудоёмкость проектных работ. Данная статья, посвященная системе обеспечения жизнедеятельности в служебных помещениях лунной базы с акцентом на надежностное проектирование, несомненно будет актуальной и перспективной в контексте растущего интереса к планам освоения Луны.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ларин, В.П. Функционально-структурный синтез технологических систем // Международное научное периодическое издание «Новая наука: от идеи к результату» по итогам международной научно-практической конференции (Ижевск, 04.08.2016 г.). – Ижевск: АМИ, 2016. – С. 192-197.
2. Ларин, В.П., Шелест Д.К. Структурно-параметрический синтез технологических систем контроля // Датчики и системы. – 2018. – № 12. – С. 43-49.
3. [ksc.krasn.ru/news/osnovoy_lunnoy_bazy_dolzha_](http://ksc.krasn.ru/news/osnovoy_lunnoy_bazy_dolzha)

Материал поступил в редакцию 28.10.23

CONCEPTUAL PRINCIPLES OF BUILDING LIFE SUPPORT SYSTEMS FOR THE PREMISES OF THE MOON BASE

K.E. Kopysova, Master's Degree Student

Research Advisor: **V.P. Larin**,

Doctor of Technical Sciences, Professor

Saint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation
(SUAI), Russia

***Abstract.** The results of the work on the system analysis in the design of the system for monitoring and regulating the parameters of the microclimate of the air environment of the office space of the moon base are presented. This system is part of the upper-level system, which is the life support system of the moon base. The conceptual principles and functional tasks of forming the structure of the system of control and regulation of the microclimate of the office premises of the moon base are considered. A modular principle of unification of the system structure construction, an algorithmic model of system analysis and a method of discrete synthesis in the design of a system for monitoring and regulating the microclimate of a specific room of the moon base are proposed.*

***Keywords:** life support system, air environment, moon base room, microclimate.*

УДК 623.62-746.4-519

ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ БОРЬБЫ С БЕСПИЛОТНЫМИ ЛЕТАТЕЛЬНЫМИ АППАРАТАМИ

Е.С. Софронова, магистрант

Научный руководитель: **В.П. Ларин**,

доктор технических наук, профессор

Санкт-Петербургский государственный университет
аэрокосмического приборостроения, Россия

***Аннотация.** Изложены результаты работ по системному анализу в задачах проектирования эффективных систем радиоэлектронной борьбы с беспилотными летательными аппаратами, подлежащими уничтожению или прекращению функционирования. Рассмотрены основные задачи системного анализа для создания рациональной функциональной структуры проекта. Приведены предлагаемые методические принципы системного проектирования для обеспечения качества проекта и эффективного функционирования разработанного средства подавления БЛА.*

***Ключевые слова:** беспилотные летательные аппараты, средства радиоэлектронной борьбы, проектирование эффективной системы, системный анализ.*

Введение. Беспилотные летательные аппараты (БЛА) за очень короткий промежуток времени стали одним из основных видов вооружения для современных боевых операций. Наряду с необходимыми, полезными и эффективными применениями БЛА как средства защиты, нападения, разведки, наблюдения, огромного числа видов гражданского применения, чрезвычайно важной задачей является проблема защиты от БЛА противника или от любого несанкционированного нарушения границ

определенных объектов и территорий [1, 2]. В ходе боевых действий на Украине применяются различные виды борьбы с БЛА противника, в том числе и средства радиоэлектронной борьбы (РЭБ). Именно такой вид защиты от БЛА, вид противодействия его применению, является объектом рассмотрения в данной статье.

Формулировка проблемы. Проблема проектирования эффективной системы РЭБ чрезвычайно сложна в связи с большим числом факторов, определяющих эффективность борьбы с БЛА. Нет сомнений, что самой эффективной системой будет считаться универсальная, многоцелевая мобильная система с минимальными габаритами, массой, энергетическим потреблением, с низкими потребностями в обслуживании и надежной защитой от поражения. К сожалению, такая система, в лучшем случае, будет не только нерациональным, но и неоправданным решением. Большое число разновидностей БЛА, как объектов РЭБ, по размерам, назначению, скорости, конструктивным особенностям, системам управления и др. техническим особенностям, делают реализацию универсальности средства РЭБ практически нереальной.

Цель публикации. Итак, проблема желательности универсализации средств РЭБ с БЛА существует, искать подходы, пути и принципы необходимо, поэтому цель статьи заключается в изложении результатов выполненного системного анализа теоретических принципов, использованных разработчиками современных способов и средств РЭБ с БЛА, включая применение методов искусственного интеллекта. Результаты публикации систематизируют предпроектные изыскания, способствуют целенаправленности решения задач и экономии времени при проектировании высококомбинированных наземных многофункциональных комплексов РЭБ.

Постановка задачи. В укрупненной постановке рассматриваем задачу недопущения выполнения БЛА противника функциональных задач своего назначения. К вариантам недопущения отнесем уничтожение БЛА, создание помех, препятствующих функционированию электронной аппаратуры БЛА или создание условий его принудительной

посадки. Задача, решаемая для выполнения цели публикации, относится к системному анализу (СА) методических принципов построения систем РЭБ с БЛА.

Анализ направлений проектирования. В данной публикации ограничимся рассмотрением задачами борьбы только с военными БЛА. Сюда относятся многочисленные разновидности БЛА, производимые практически всеми технически развитыми странами для выполнения функциональных задач наблюдения, разведки с пассивным или активным использованием относительно объектов противника. Анализ сложившихся способов борьбы с военными БЛА проведем с использованием СА, являющегося основным методологическим средством проведения предварительных системных исследований для определения путей решения задач последующего конструкторско-технологического проектирования. Множество описаний изобретений имеют существенные недостатки, связанные с отсутствием точного целевого функционального назначения разработанного средства и обоснования целесообразности разработки. Имеет смысл в начале разработки четко определиться с классификационными признаками предлагаемого проекта средства РЭБ.

Возьмем за основу рассмотрения два базовых варианта исполнения средств РЭБ для поиска эффективных решений. Первый вариант – мобильное средство РЭБ, размещенное например на внедорожнике. Второй вариант – «ручное» средство борьбы, например в ранцево-наплечном носимом исполнении.

Если имеется задача выбора из этих двух вариантов, то для принятия решения анализу подлежат следующие факторы: виды БЛА, подлежащие подавлению проектируемым средством РЭБ; количество одновременно имеющихся БЛА для подавления; пространственные предельные параметры для вероятностного подавления (дальность, высота); скоростные характеристики; способ и вид наведения (захвата) БЛА как цели для подавления; быстрота развёртывания; вероятность обнаружения рассматриваемого средства подавления.

Сравнение вариантов по показателям можно свести в таблицу (приводится как пример).

Для последовательного рассмотрения факторов, составляющих исходные данные проекта, можно использовать требуемые показатели дальности работы по цели и необходимую мощность сигнала подавления (уничтожения). Эти два показателя однозначно определяют вариант дальнейшей разработки. Последующие элементы системного проектирования отражает рисунок 1.

Рассматриваемые варианты подавления БЛА	Функциональные достоинства	Функциональные ограничения
Возимое мобильное средство РЭБ	<ul style="list-style-type: none"> – работа по всем видам БЛА, – мобильное сосредоточение в заданном районе; – контроль значительного участка воздушного пространства; – электроэнергетическая обеспеченность 	<ul style="list-style-type: none"> – необходимо определенное время для развёртывания или наведения на цель; – необходимо решение задач скрытности, маскировки, смены позиций и др.; – требуется ресурсное обеспечение и экипаж; – длительность обучения; – трудоёмкость организации диагностирования состояния; – высокая стоимость
Носимое «ручное» средство	<ul style="list-style-type: none"> – мгновенность использования; – скрытность применения; – простота обслуживания и контроля работоспособности; – сравнительно небольшая стоимость 	<ul style="list-style-type: none"> – работа по ограниченному числу видов БЛА; – работа только по одной цели; – визуальное наведение излучателя; – недостаточно мощности для уничтожения объекта; – необходимость подзарядки аккумуляторов

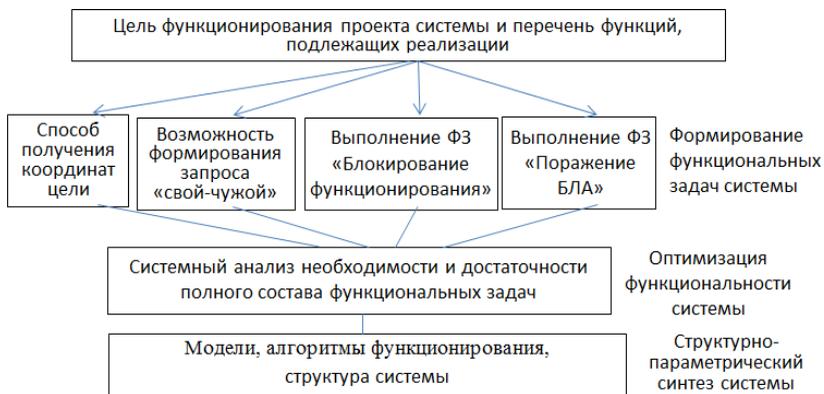


Рис. 1. Структура и элементы системного проектирования средства РЭБ

Формирование принципов проектирования эффективного варианта. Определение задач конструкторского-технологического проектирования является важным вопросом в процессе разработки действенной системы РЭБ.

С помощью СА выделяются целевые задачи проекта, а также происходит структуризация его объектов и процессов. Главной задачей проекта является эффективное и рациональное использование средств и методов РЭБ в конструкции изделия. Порядок системного построения эффективной структуры представлен на рисунке 2.

Для получения эффективного варианта проектного решения по средству подавления БЛА необходимо использовать рассматриваемые принципы, среди которых важнейшее место занимают системный подход, учет влияния всех факторов планируемых условий функционирования, высокий уровень безотказности всех элементов устройства, легкость обучения и простоту использования, высокий уровень скрытности местоположения и обнаружения работы.

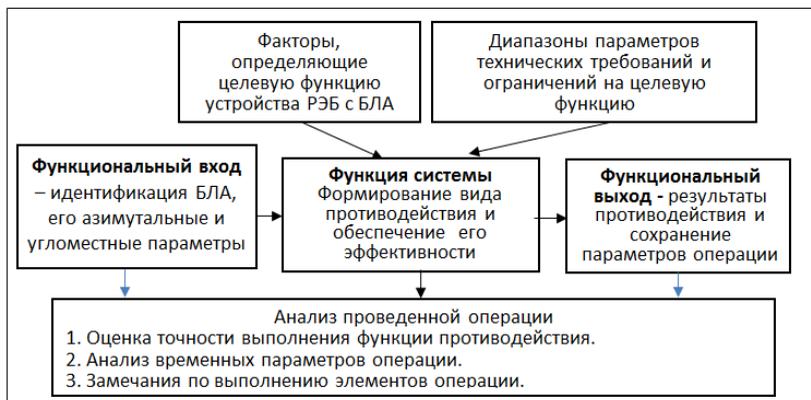


Рис. 2. Структура общесистемного представления функционирования проекта

Ещё одним принципом для использования как при проектировании средств РЭБ, так и в их работе является использование методов и функций искусственного интеллекта. Внедрение функции интеллектуального подавления конкретных частот и каналов связи позволяет анализировать и выделять среди них и блокировать потенциально опасные. Примером таких систем является «Солярис-кейс» [3].

В связи с возрастающими перспективами эффективного применения технологий искусственного интеллекта следует ожидать его использования во всех проектных решениях систем РЭБ [4].

Заключение. Предлагаемые способы решения задач системного анализа позволяют повысить эффективность разработки и применения системы РЭБ. Применение системного анализа при проектировании таких систем поможет уменьшить риск принятия ошибочных решений и ускорит процесс проектирования. Целесообразно использование рассмотренных принципов в разработке экспертных производственных систем проектирования средств РЭБ БЛА.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Макаренко, С.И. Анализ средств и способов противодействия беспилотным летательным аппаратам. Часть 3. Радиоэлектронное подавление систем навигации и радиосвязи // Системы управления, связи и безопасности. – 2020. – № 2. – С. 101-175.
2. Созинов, П.А., Андреев, Г.И., Тихомиров, В.А., Замарин, М.Е. Концепция научно-технического развития бортового комплекса радиоэлектронной борьбы // Радиотехника. – 2022. – Т. 86. – № 10. – С. 5-16.
3. <https://rostec.ru/news/4520190/>
4. <https://vm.ric.mil.ru/Stati/item/367144/>

Материал поступил в редакцию 03.11.23

PRINCIPLES OF ELECTRONIC WARFARE SYSTEMS WITH UNMANNED AERIAL VEHICLES

E.S. Sofronova, Master's Degree Student

Research Advisor: **V.P. Larin**,

Doctor of Technical Sciences, Professor

Saint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation
(SUAI), Russia

***Abstract.** The results of work on system analysis in the tasks of designing effective electronic warfare systems with unmanned aerial vehicles to be destroyed or discontinued are presented. The main tasks of the system analysis are considered to create a rational functional structure of the project. The proposed methodological principles of system design are presented to ensure the quality of the project and the effective functioning of the developed UAV suppression means.*

***Keywords:** unmanned aerial vehicles, electronic warfare means, designing an effective system, system analysis.*

Для заметок

III Международная заочная научная конференция

**Исследования основных направлений технических
и физико-математических наук**

г. Волгоград, 20 декабря 2023 г.

Адрес редакции:

Россия, г. Волгоград, ул. Ангарская, 17 «Г»

E-mail: sciconf@mail.ru

www.scienceph.ru

ISBN 978-5-9905256-7-2

Редакционная коллегия:

Главный редактор: Теслина Ольга Владимировна

Ответственный редактор: Панкратова Елена Евгеньевна

Лукиенко Леонид Викторович, доктор технических наук
Жариков Валерий Викторович, доктор экономических наук, кандидат технических наук
Ежкова Нина Сергеевна, доктор педагогических наук
Дмитриева Елизавета Игоревна, кандидат филологических наук
Валуев Антон Вадимович, кандидат исторических наук
Кисляков Валерий Александрович, доктор медицинских наук
Рзаева Алия Байрам, кандидат химических наук
Матвиенко Евгений Владимирович, кандидат биологических наук
Кондрашихин Андрей Борисович, доктор экономических наук,
кандидат технических наук
Хужаев Муминжон Исохонович, доктор философских наук
Ибрагимов Лутфулло Зиядуллаевич, кандидат географических наук
Имамвердиев Эхтибар Аскер оглы, доктор философии по экономике
Хасанова Гулсанам Хусановна, доктор философии по педагогическим наукам
Горбачевский Евгений Викторович, кандидат технических наук
Мадаминов Хуршиджон Мухамедович, кандидат физико-математических наук
Отажонов Салим Мадрахимович, доктор физико-математических наук
Каратаева Лола Абдуллаевна, кандидат медицинских наук
Аметов Темирбек Алмасбаевич, доктор философии по историческим наукам
Комаровских Елена Николаевна, доктор медицинских наук
Шереметьева Анна Геннадьевна, доктор филологических наук

Подписано в печать 20.12.2023. Дата выхода в свет: 11.01.2024.

Формат 60x84/8. Бумага офсетная.

Гарнитура Times New Roman. Заказ № 53. Свободная цена. Тираж 100.