

ИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ИСПЫТАНИЙ ГАЗОТУРБИННЫХ УСТАНОВОК НАЗЕМНОГО ПРИМЕНЕНИЯ

Рассмотрена проблема повышения эффективности управления процессом испытаний газотурбинных установок наземного применения посредством формализации процессов испытаний газотурбинных установок наземного применения. В работе была выполнена декомпозиция данного процесса. Построенные бизнес-модели процессов испытаний и модель предметной области в комплексе образуют информационную модель процесса испытаний ГТУ НП. Авторами предложена архитектура системы мониторинга процесса испытаний и реализованы подсистемы обработки данных по результатам испытаний.

Ключевые слова: газотурбинная установка наземного применения, испытания, информационная модель, диаграмма связей, нотация BPMN, диаграмма классов UML, система мониторинга.

ВВЕДЕНИЕ

Процесс испытаний газотурбинных установок наземного применения (ГТУ НП), начиная от подготовки технической документации до обработки результатов испытаний, характеризуется большим объемом решаемых задач, многоуровневостью этапов испытаний, неоднородностью информационных потоков, многообразием оцениваемых характеристик, большими материальными затратами и требует высокой точности обработки результатов [1]. С позиции системной инженерии ГТУ НП является сложной технической системой, а испытания – процесс жизненного цикла этой системы [2]. Для обеспечения управления процессом должным образом стандартом ISO 9000:2005 рекомендовано использование процессного подхода [3].

Значительно повысить качество контролируемой информации, оперативность ее получения, а также снизить риски учета ошибочной информации, связанные с человеческим фактором, возможно за счет автоматизации организационно-функциональной поддержки процессов испытаний ГТУ НП при помощи системы мониторинга. Мониторинг является составной частью системы управления безопасностью и риском сложных технических систем.

Таким образом, повышение эффективности управления процессом испытаний ГТУ НП за счет использования моделирования и информатизации является актуальной задачей.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Для оценки качественных свойств и количественных значений параметров изделий на стадиях разработки, производства и эксплуатации широко используются различные виды испытаний.

Обязательные виды испытаний ГТУ НП регламентированы соответствующими ГОСТ или ТУ для конкретного вида установки. В общем случае испытания опытных образцов стационарных ГТУ можно подразделить на следующие виды: доводочные (научно-исследовательские); предварительные и межведомственные приемочные (в Украине согласно ДСТУ ГОСТ 15.001 [4], а для Российской Федерации ГОСТ Р 15.201 [5]); эксплуатационные.

При серийном производстве проводятся приемо-сдаточные, эксплуатационные и периодические испытания. Общие требования к испытаниям и приемке серийной продукции регламентированы ГОСТ 15.309 [6].

Для повышения эффективности проведения испытаний было принято решение рассмотреть данный процесс жизненного цикла ГТУ НП с использованием методик управления проектами, поскольку они представляют ряд инструментов, позволяющих планировать работы в условиях ограниченных ресурсов и времени [7].

Испытания реализуются на различных стадиях жизненного цикла системы и могут быть описаны строгой структурой, основой которой служит информационная модель, характеризующая существенные свойства и состояния данного процесса, а также взаимосвязь с внешним миром.

Цель работы – разработка моделей и информационных технологий повышения эффективности процесса испытаний ГТУ НП.

Для достижения данной цели необходимо решить следующие задачи: выполнить формализацию процесса испытаний ГТУ НП, построить информационную модель и разработать систему мониторинга процесса испытаний.

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА ИСПЫТАНИЙ ГТУ НП

Для разработки информационной модели процесса испытаний ГТУ НП были проанализированы следующие средства:

- 1) диаграммы связей, известные также как ассоциативные карты, которые реализуются в виде древовидной схемы с изображением слов, идей, задач или других понятий, связанных ветвями, отходящими от центрального понятия или идеи;
- 2) документация для качественного инжиниринга требований;
- 3) диаграммы бизнес-процессов. Наиболее популярные их разновидности – IDEF, EPC (eEPC), диаграммы BPD (Business Process Diagram), определённые спецификацией BPMN 2.0, и диаграммы UML.

Для дальнейшей работы были выбраны ассоциативные карты, нормативная документация ГТУ НП, диаграммы бизнес-процессов и диаграммы классов UML.

Ассоциативная карта, представленная на рис. 1, позволила выделить основные понятия, виды используе-

мой документации, контролируемые элементы в процессе испытаний.

Далее была определена базовая документация перечисленных нормативных документов (ГОСТ, ТУ и т. д.) и разработан словарь предметной области.

Во всех видах испытаний можно выделить следующие этапы: инициация, планирование, исполнение, мониторинг и управление, завершение [7]. Исходя из этого, была построена бизнес-модель основных этапов испытаний, которая представлена на рис. 2 с использованием нотации BPMN 2.0.

Этап инициации для каждого из видов испытаний ГТУ НП различный, но всегда является результатом изменения внешних условий.

Результатом этапа «Планирование» выступают разработанные программа и технология испытаний, а также график проведения испытаний. Программа испытаний включает в себя цель и задачи испытаний; описание объекта испытаний; порядок проведения и материального обеспечения; объем, последовательность и методики испытаний; процесс обработки полученных результатов; форму и порядок отчетности. Технология испы-

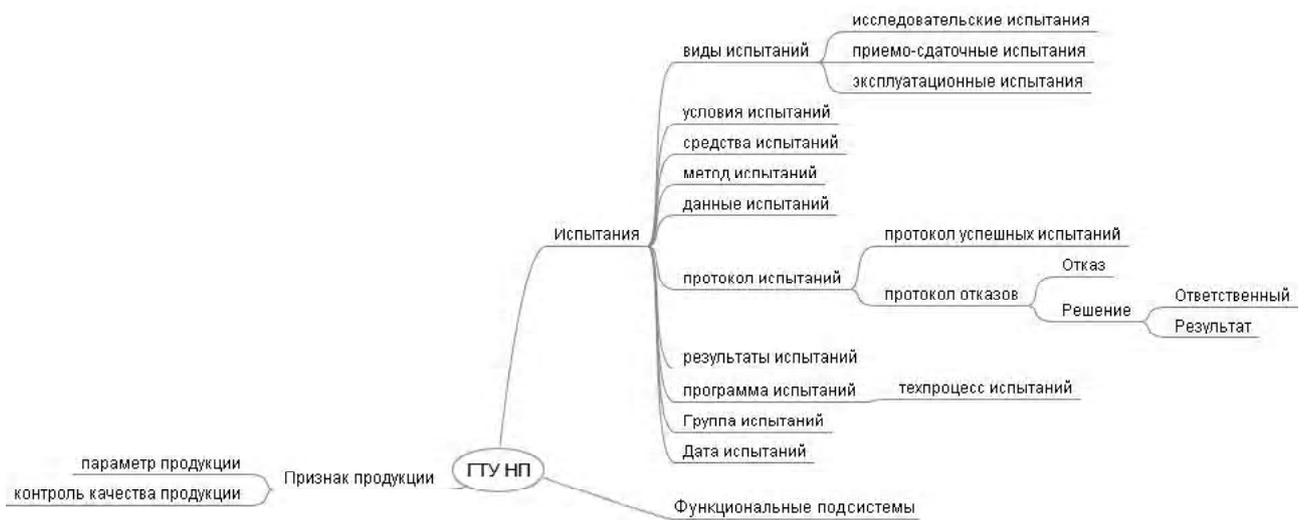


Рис. 1. Ассоциативная карта ГТУ НП

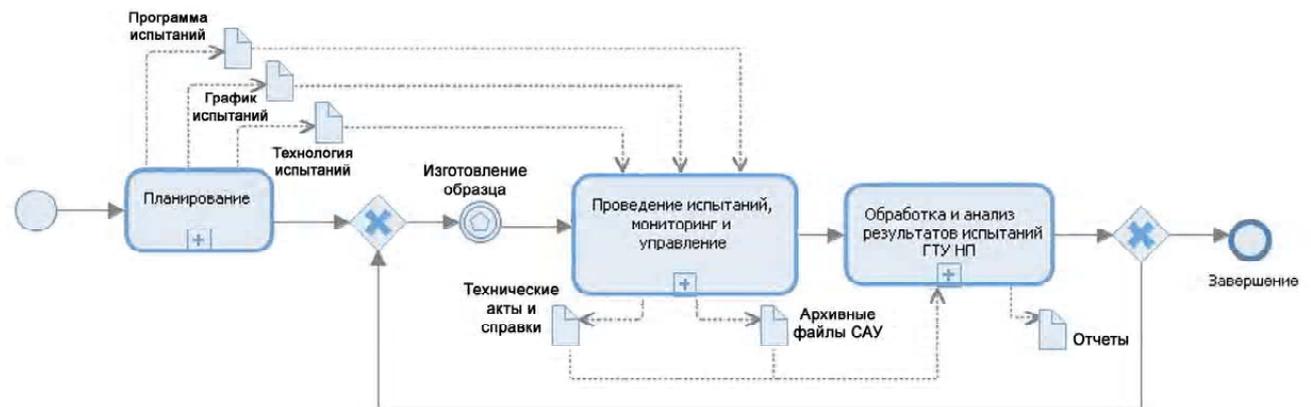


Рис. 2. Бизнес-модель основных этапов процесса испытаний ГТУ НП

таний розробляється на основі програми і являється послідовальним комплексом організаційних мер, операцій і прийомів, направлених на виконання процесу випробувань.

Так як задача «Виготовлення зразка» не відноситься до процесу випробувань, але є необхідним умовою для початку наступного етапу, то на діаграмі вона відображається в формі отриманого сигналу про готовність.

Само проведення випробувань пов'язано з реалізацією програми випробувань в строгому відповідності з технологією випробувань і графіком проведення робіт. Етап «Моніторинг і управління випробуваннями» неотривно пов'язаний з етапом «Проведення випробувань» і, передбачає збір і відслідковування результатів випробувань і, при необхідності, внесення керуючих впливів.

Завершальний етап – це «Обработка и анализ результатов испытаний», який служить для перетворення і систематизації отриманих в час випробувань даних, проведення оцінки технічного стану установки, аналізу витрат і аналізу ризиків, оформляє відповідну звітну документацію.

Слід відзначити, що етап планування для кожного з видів випробувань проводиться один раз за весь життєвий цикл конкретної модифікації ГТУ НП, тоді як всі наступні етапи можуть повторюватися в залежності від зміни зовнішніх умов.

Далі бізнес-модель основних етапів процесу випробувань ГТУ НП була деталізована, рис. 3.

При розробці деталізованої інформаційної моделі подія «Виготовлення зразка» було умовно опущено. Етап «Проведення випробувань, моніторинг і управління» розділений на два підетапи: «Підготовчі роботи перед випробуваннями» і «Проведення випробувань». В час підготовчих робіт формується комісія, відповідальна за проведення випробувань, проводиться підготовка документації самої установки і всіх стендових або об'єктових систем до випробувань.

Останній етап також був логічно розділений на «Обработку результатов» і «Анализ результатов». Обработка результатов включає в себе перетворення і систематизацію отриманих в час випробувань даних, а при аналізі результатів проводиться оцінка технічного стану установки, аналіз витрат, аналіз ризиків і підготовка остаточного документа.

Моделі взаємодії дозволяють детально відобразити потоки даних між учасниками процесу випробувань. Тому на основі деталізованої бізнес-моделі були розроблені моделі взаємодії (Collaboration models) між підрозділами, учасниками в процесі проведення випробувань для всіх етапів. На рис. 4 представлена модель взаємодії для етапу «Планування».

Як видно з малюнка, на даному етапі взаємодіють троє учасників процесу: «Руководство», «Конструкторське бюро» і «Випробувальний цех».

Ініціюючим подією всього етапу є розробка нової ГТУ, після чого «Конструкторське

бюро» розробляє програму випробувань, направляючи її в «Випробувальний цех» для погодження і «Руководству» для затвердження. Закінчуюче подія всього етапу ініціюється «Випробувальним цехом» після підготовки виробництва до випробувань за вказівкою «Руководства».

На основі отриманих моделей процесу випробувань ГТУ НП також була розроблена модель предметної області системи моніторингу, яка представлена на рис. 5 за допомогою діаграми класів UML.

В комплексі бізнес-моделі процесу випробувань ГТУ НП і модель предметної області утворюють інформаційну модель процесу випробувань ГТУ НП.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ПРОЦЕССА ИСПЫТАНИЙ ГТУ НП

В результаті модельно-орієнтованого аналізу предметної області була виконана декомпозиція процесу випробувань ГТУ НП і отримана інформаційна модель даного процесу, на основі якої виконана автоматизація системи документооборота випробувань ГТУ НП.

Були виділені основні функції системи моніторингу, структура і формат електронних документів.

Так як розглядається система, яка повинна підтримувати багатопользовательський режим, її розробка виконана з використанням архітектури «клієнт-сервер» з наступними функціональними вимогами:

- завантаження даних про роботу ГТУ НП в час випробувань здійснюється по мережі безпосередньо з САУ;
- підтримка централізованого архіву даних з ієрархічною системою зберігання;
- зберігання результатів випробувань впродовж всього життєвого циклу ГТУ НП;
- обмеження доступу до даних для різних груп користувачів (по ГТУ НП, випробуванню, видам робіт);
- проведення аналізу можливих нештатних ситуацій;
- візуалізація інформації про параметри установки;
- картографічне представлення всіх установок, що знаходяться в експлуатації.

Була розроблена архітектура системи, передбачені завантажувачі даних.

На рис. 6 представлена діаграма компонентів системи моніторингу.

Розроблена структура бази даних. Для забезпечення взаємодії з існуючими на підприємстві системами в якості СУБД була вибрана Oracle 11g Express.

Система зберігання даних складається:

- 1) з боку сервера з бази даних для зберігання всієї необхідної інформації, розробленої на основі інформаційної моделі процесу випробувань;
- 2) з боку клієнта з структури на основі файлової системи, яка використовує єдиний формат зберігання даних мови розмітки XML. При завантаженні даних з інших форматів використовуються конвертери в вказаний формат.

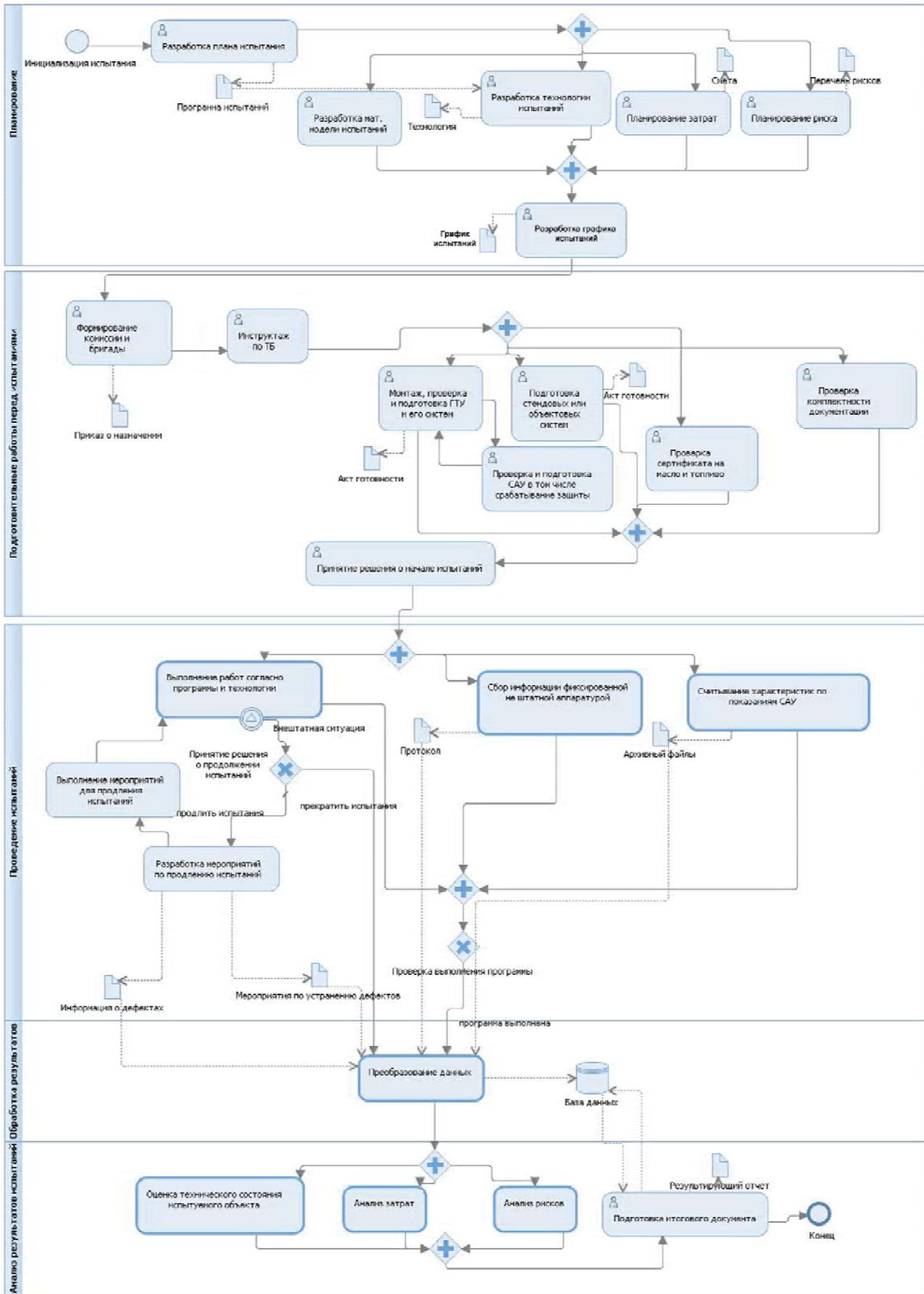


Рис. 3. Детализированная бизнес-модель этапов процесса испытаний ГТУ НП

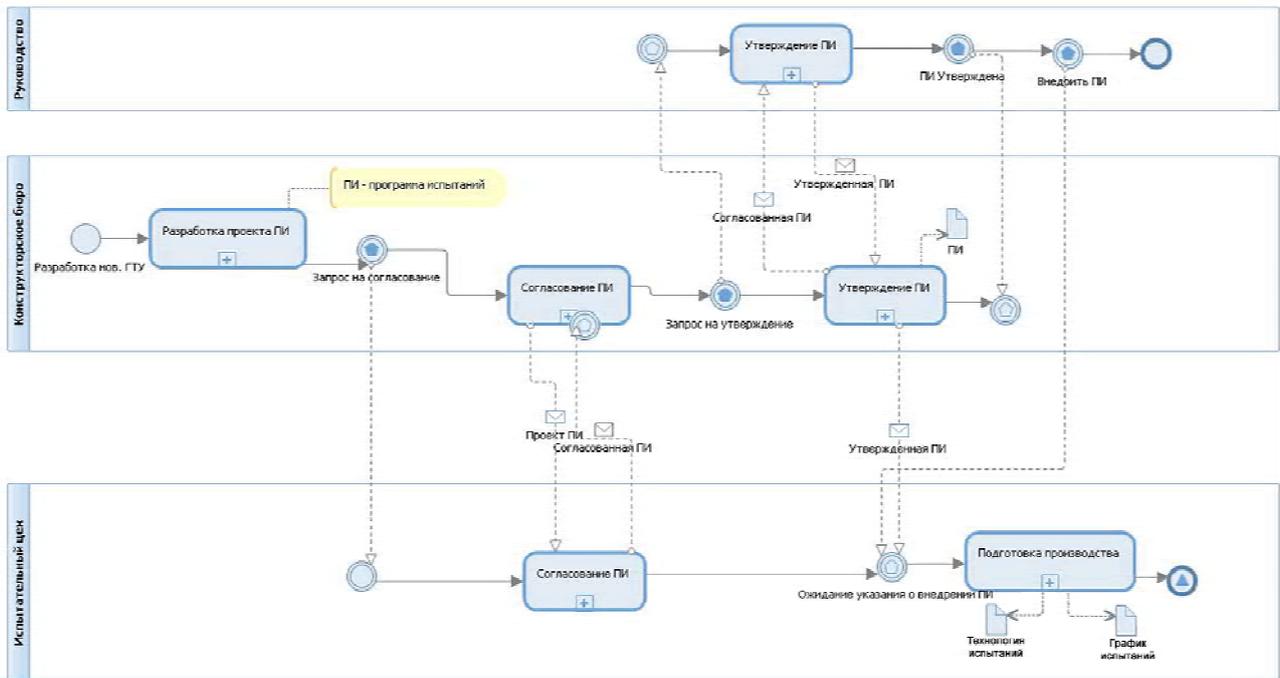


Рис. 4. Модель взаємодії для етапу «Планування»

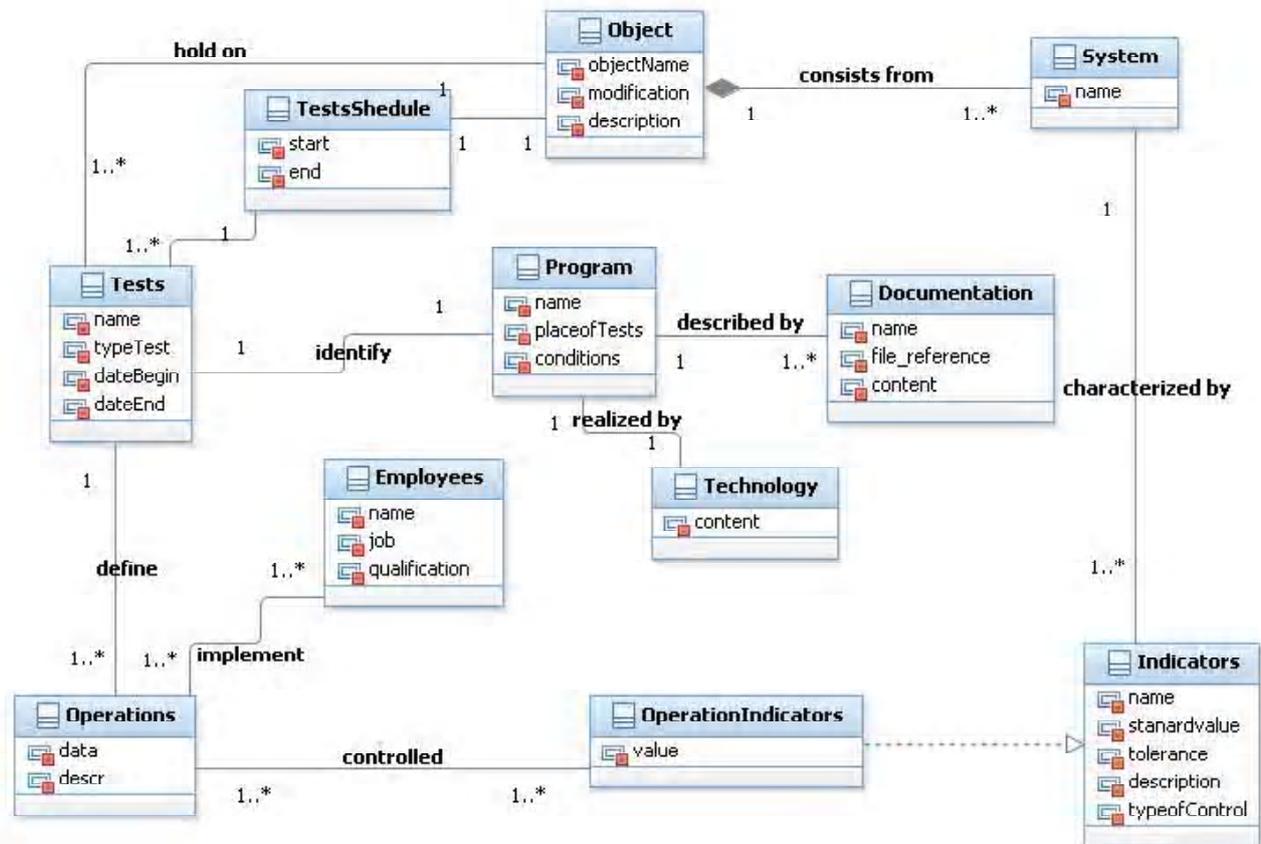


Рис. 5. Модель предметної області системи моніторингу

Для обеспечения межплатформенного взаимодействия с базой данных были разработаны соответствующие WCF (Windows Communication Foundation) сервисы [8].

Опираясь на информационную модель процесса испытаний, также были спроектированы подсистемы визуализации информации, интерфейс одной из которых представлен на рис. 7.

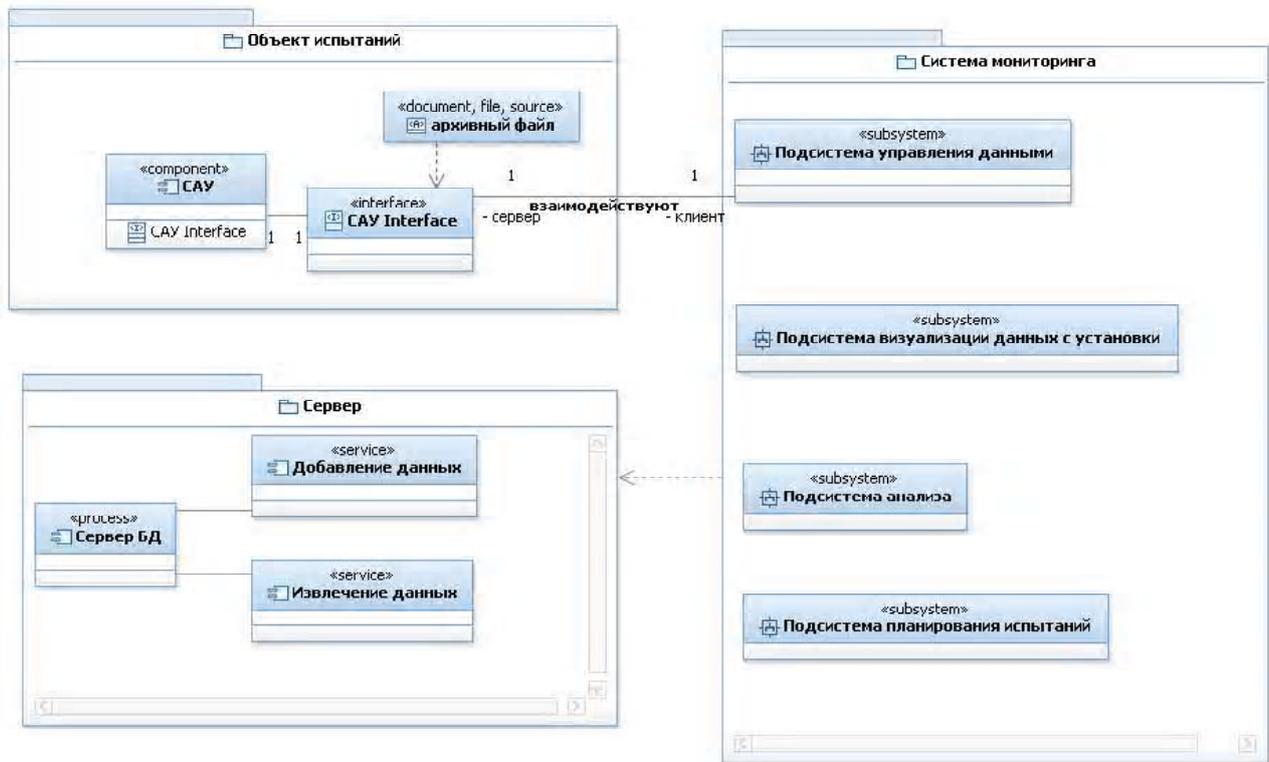


Рис. 6. Диаграмма компонент системы мониторинга

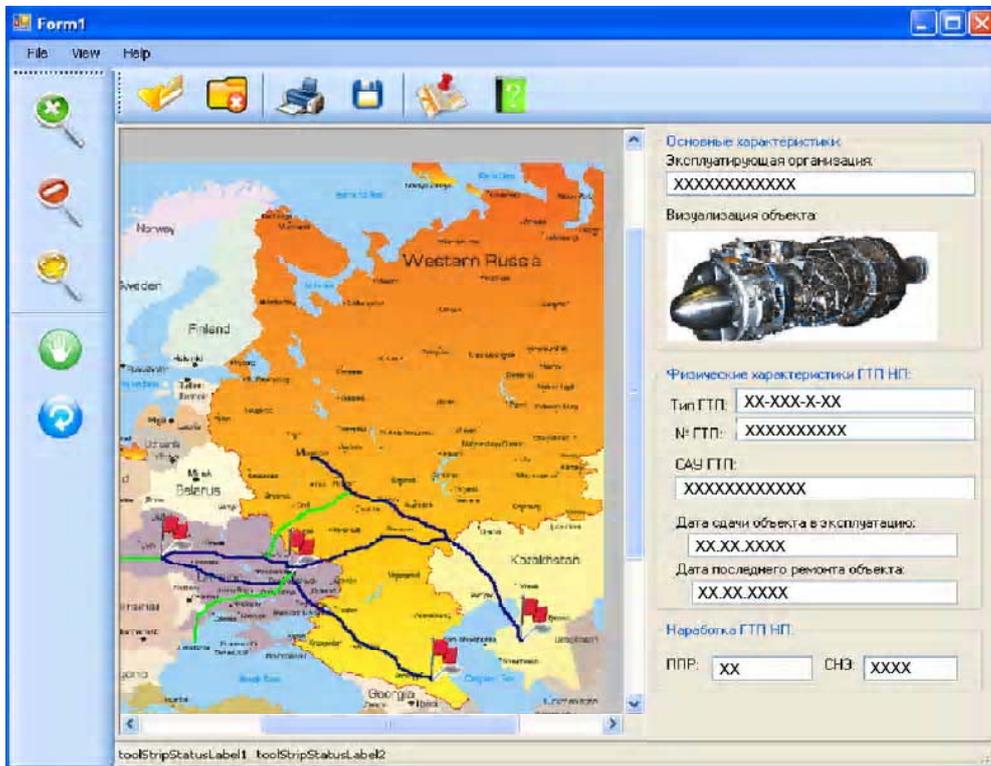


Рис. 7. Интерфейс подсистемы визуализации информации

В результате применения такой системы мониторинга разработчик и производитель смогут получать объективную эксплуатационную информацию для своевременного внедрения эффективных мероприятий по улучшению потребительских свойств ГТУ НП и повышению ее надежности и безопасности. В свою очередь потребитель получает более полную картину технического состояния ГТУ НП, что позволит планировать выполнение работ по техническому обслуживанию и текущим ремонтным работам, не доводя оборудование до критического технического состояния.

ВЫВОДЫ

В ходе проведенной работы был формализован процесс испытаний ГТУ НП. Для этого был выбран ряд средств, последовательное использование которых позволило выполнить декомпозицию процесса испытаний, построить бизнес-модели процесса испытаний ГТУ НП и модель предметной области. В комплексе эти модели образуют информационную модель процесса испытаний ГТУ НП.

На основании информационной модели рассматриваемого процесса разработана система мониторинга процессов испытаний ГТУ НП.

Практическая ценность данной работы состоит в том, что были разработаны способ и формат сохранения необходимой информации об испытаниях ГТУ НП в виде электронного документа.

Полученные результаты позволят эффективнее управлять процессом испытаний за счет оптимального использования ресурсов и повышения качества контролируемой информации и оперативности ее получения, а также снижения рисков учета ошибочной информации, связанного с человеческим фактором.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шитикова, Е. В. Роль исследовательских испытаний для новых разработок [Текст] / Е. В. Шитикова, В. П. Митин,

Шитикова О. В.¹, Табунщик Г. В.²

¹Аспирант, Запорізький національний технічний університет, Україна

²Канд. техн. наук, доцент, Запорізький національний технічний університет, Україна

ІНФОРМАЦІЙНА МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ ВИПРОБУВАНЬ ГАЗОТУРБІННИХ УСТАНОВОК НАЗЕМНОГО ВИКОРИСТАННЯ

Розглянуті проблеми підвищення ефективності керування процесом випробувань газотурбінних установок наземного використання за допомогою формалізації процесів випробувань газотурбінних установок наземного використання. В роботі була виконана декомпозиція зазначеного процесу. Збудовані бізнес-моделі процесів випробувань і модель предметної області разом складають інформаційну модель процесу випробувань ГТУ НВ. Авторами запропонована архітектура системи моніторингу процесу випробувань і реалізовані підсистеми обробки даних за результатами випробувань.

Ключові слова: газотурбінна установка наземного використання, випробування, інформаційна модель, діаграма зв'язків, нотація BPMN, діаграма класів UML, система моніторингу.

Shitikova Y. V.¹, Tabunshchik G. V.²

¹Postgraduate student, Zaporizhzhya national technical university, Ukraine

²Ph.D., associate Professor, Zaporizhzhya national technical university, Ukraine

INFORMATION MODEL OF TEST PROCESS OF GAS TURBINE UNIT FOR TERRESTRIAL USE

The paper deals with the formalization of test process of the gas turbine units for terrestrial use. The test process decomposition was made by the authors, based on consistent use of following means (methods).

- В. И. Морозов // Тезисы докладов. LVIII научно-техническая сессия по проблемам газовых турбин и парогазовых установок «Научно-техническое обеспечение производства и эксплуатации газотурбинных и парогазовых установок», г. Москва, 20–23 сентября 2011 г. – М. : ОАО «ВТИ», 2011. – С. 207–212.
2. Информационная технология. Системная инженерия. Процессы жизненного цикла систем (ISO/IEC 15288:2002 System engineering – System life cycle processes, IDT) : ГОСТ Р ИСО/МЭК 15288-2005. – [Дата введения 01.01.2007]. – М. : Стандартинформ, 2006. – 54 с. – (Национальный стандарт Российской Федерации).
3. Системи управління якістю. Основні положення та словник (ISO 9000:2005, IDT) : ДСТУ ISO 9000-2007. – [Чинний від 2008-01-01]. – К. : Держспоживстандарт України, 2008. – V, 29 с. – (Національний стандарт України).
4. Система розробки та постанови продукції на виробництво. Продукція виробничо-технічного призначення : ДСТУ ГОСТ 15.001:2009. – [Чинний від 2009-02-01]. – К. : Держспоживстандарт України, 2009. – 54 с. – (Національний стандарт України).
5. Система разработки и постановки продукции на производство. Продукция производственно-технического назначения. Порядок разработки и постановки продукции на производство : ГОСТ Р 15.201 – 2000. – [Дата введения 01.01.2001]. – М. : Стандартинформ, 2008. – 13 с. – (Государственный стандарт Российской Федерации).
6. Система разработки и постановки продукции на производство. Испытания и приемка выпускаемой продукции. Основные положения : ГОСТ 15.309 – 98. – [Дата введения 01.01.2000]. – М. : Стандартинформ, 2008. – 13 с. – (Межгосударственный стандарт).
7. Милошевич, Д. Набор инструментов для управления проектами [Текст] / Драган Милошевич; [пер. с англ. Е. В. Мамонтова]; под ред. С. И. Неизвестного. – М. : Компания АйТи; ДМК Пресс, 2008. – 729 с.
8. Lowy, J. Programming WCF Services [Text] / Lowy J. – O'Reilly Media, 2010. – 868 p.

Стаття надійшла до редакції 15.05.2012.

1. Hierarchical structures WBS and mind-map were used for structuring of the information about the tests process and interrelation of elements.

2. Normative documents in the area of safety and reliability of technical systems were used for creation of the subject domain dictionary.

3. Business models of BPMN 2.0 were used for the test processes description and interaction between departments and offices.

4. Models of UML classes were used for the description of subject domain.

The amount of work completed allowed:

1) to define formats of the electronic documents used in the test process;

2) to develop architecture of test results monitoring system.

Also authors developed subsystems of test results data processing of the gas turbine units for terrestrial use, a layer of data source and services.

The results of the work allow to manage the test process more effectively. They allow to use resources in the optimal way, to improve data organization efficiency and also to decrease the risks of accidental error connected with the human factor.

Keywords: gas turbine unit for terrestrial usage, tests, information model, diagram of communications, notation BPMN, diagram of classes UML, monitoring system.

REFERENCES

1. Shitikova E. V., Mitin V. P., Morozov V. I. Rol issledovatel'skikh ispytaniy dlja novyh razrabotok (The role of research tests for new developments). *Tezisy dokladov. LVIII nauchno-tehnicheskaja sessija po problemam gazovyh turbin i parogazovyh ustanovok «Nauchno-tehnicheskoe obespechenie proizvodstva i jekspluatacii gazoturbinnih i parogazovyh ustanovok»*. Moscow, 2011, pp. 207–212.
2. GOST R ISO/MJeK 15288-2005. Informacionnaja tehnologija. Sistemnaja inzhenerija. Processy zhiznennogo cikla sistem (ISO/IEC 15288:2002 System engineering – System life cycle processes). *Nacionalnyj standart Rossijskoj Federacii*. Moscow, 2006, 54 p.
3. DSTU ISO 9000-2007. Sistemi upravlinnja yakIstyu. Osnovni polozhennja ta slovník (ISO 9000:2005 Quality management systems – Fundamentals and vocabulary). *Natsionalnyj standart UkraYini*. Kyiv, 2008, 29 p.
4. DSTU GOST 15.001:2009. Sistema rozrobki ta postanovi produktsiyi na virobnitstvo. Produktsiya virobniho-tehničnogo priznachenja (System development and launch of new products. Products for industrial purposes). *Natsionalnyj standart UkraYini*. Kyiv, 2009, 54 p.
5. GOST R 15.201-2000. Sistema razrabotki i postanovki produkcii na proizvodstvo. Produkcija proizvodstvenno-tehnicheskogo naznachenija. Porjadok razrabotki i postanovki produkcii na proizvodstvo (System development and launch of new products. Products for industrial purposes. Procedure for the development and launch of new products). *Gosudarstvennyj standart Rossijskoj Federacii*. Moscow, 2008, 13 p.
6. GOST 15.309-98. Sistema razrabotki i postanovki produkcii na proizvodstvo. Ispytanija i priemka vypuskaemoj produkcii. Osnovnye polozhenija (System development and launch of new products. Tests and acceptance of products. Basic provisions). *Mezhgosudarstvennyj standart*. Moscow, 2008, 13 p.
7. Dragan Z. Milosevic Project Management ToolBox: Tools and Techniques for the Practicing Project Manager. John Wiley & Sons, Inc., 2003, 584 p.
8. Lowy J. Programming WCF Services. O'Reilly Media. 2010, 868 p.