

## **Резюме проекта, выполняемого**

**в рамках ФЦП**

### **«Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014 – 2020 годы»**

**по этапу № 2**

Номер Соглашения Электронного бюджета: 075-02-2018-1168, Внутренний номер соглашения 14.581.21.0023

Тема: «Разработка аппаратно-программного комплекса для прогнозирования сбоев в работе системы хранения данных с целью предотвращения критических ситуаций, в том числе деградации производительности, отказа сервиса записи/чтения данных и потери данных»

Приоритетное направление: Индустрия наносистем (ИН)

Критическая технология: Технологии информационных, управляющих, навигационных систем

Период выполнения: 03.10.2017 - 30.06.2020

Плановое финансирование проекта: 500.00 млн. руб.

Бюджетные средства 250.00 млн. руб.,

Внебюджетные средства 250.00 млн. руб.

Получатель: федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого"

Индустриальный партнер: Общество с ограниченной ответственностью "КНС Групп"

Ключевые слова: хранилище данных, прогнозирование сбоев, предотвращение критических ситуаций, защита данных, система хранения данных, предсказательные алгоритмы, предотвращение деградации производительности

#### **1. Цель проекта**

Разработка комплекса прикладных научно-технических решений в обеспечение создания интеллектуальных автоматических аппаратно-программных систем контроля работоспособности, прогнозирования сбоев и предотвращения критических ситуаций в режиме реального времени для новых видов отказоустойчивых систем хранения данных.

#### **2. Основные результаты проекта**

На этапе 2 реализации проекта за счет средств субсидии получены следующие результаты:

- 1) Разработана СДМ функционирования СХД.
- 2) Разработан АД СХД на основе ИДСМ ФАК СХД, разработанных по п. 2.1 ПГ.
- 3) Разработан ПрК ПСб СХД в части реализации АД СХД.
- 4) Изготовлен стенд п. 2.9 ТЗ по КД, разработанной по п. 1.5 ПГ.
- 5) Разработана ПМ исследовательских испытаний (ИИ) ПрК ПСб СХД в части АД СХД.
- 6) Проведены ИИ ПрК ПСб СХД в части АД СХД на стенде п. 2.9 ТЗ.
- 7) Проведен анализ результатов мониторинга (сбора статистики) параметров и состояний СХД в конфигурациях 2 и 3.
- 8) Разработана МПС на основе результатов по п. 1.4 ПГ.
- 9) Разработан АПС СХД ЭО СХД в конфигурации 1.
- 10) Разработан АИмФ СХД.
- 11) Разработан ПрК ИмФ СХД на основе результатов по п. 2.3 ПГ.
- 12) Проведена установка и настройка стендов по п. 2.10 ТЗ по ПД, разработанной по п. 1.7 ПГ.
- 13) Разработана ПМ ИИ ПрК ИмФ СХД на стенде по п. 2.10 ТЗ.
- 14) Проведены ИИ ПрК ИмФ СХД на стенде по п. 2.10 ТЗ.
- 15) Разработана МПС на основе результатов по п. 2.7 ПГ.
- 16) Разработан АПС СХД ЭО СХД в конфигурациях 2 и 3.

За счет внебюджетных средств Индустриального партнера на этапе 2 получены следующие результаты:

- 17) Разработана КД и изготовлен стенд по п. 2.11.2 ТЗ.
- 18) Разработана КД и изготовлен ЭО СХД в конфигурации 2 по ЧТЗ, разработанному по п. 1.11 ПГ.

- 19) Разработана КД и изготовлен ЭО СХД в конфигурации 3 по ЧТЗ, разработанной по п. 1.11 ПГ.
- 20) Проведен мониторинг (сбора статистики) параметров и состояний ЭО СХД в конфигурации 2.
- 21) Проведен мониторинг (сбора статистики) параметров и состояний ЭО СХД в конфигурации 3.
- 22) Разработаны ЧТЗ на ЭО СХД в конфигурациях 4 и 5 в соответствии с ГОСТ 34.602-89.

На втором этапе ПНИЭР были получены результаты, которые развивают научное направление по созданию методов анализа надежности на всех стадиях жизненного цикла СХД. Проведены исследования и выполнены разработки, которые позволяют обеспечить заданные характеристики надежности и производительности СХД, в том числе:

- 1) разработаны математические модели функционирования невозстанавливаемых и восстанавливаемых СХД с произвольными распределениями отказов и восстановлений компонентов СХД и параметров, включающее базисное математическое описание режимов функционирования СХД, пригодных для построения математических моделей для различных классов СХД;
- 2) исследованы основные свойства функционирования СХД, такие как наличие инвариантности к законам распределения в условиях различных режимов функционирования, степень влияния законов распределения и дисциплины восстановления на показатели надежности СХД с неэкспоненциальными распределениями времен безотказной работы и восстановления компонентов;
- 3) разработаны алгоритмы и программные средства диагностики состояний СХД при произвольных распределениях отказов и восстановлений компонентов СХД;
- 4) разработаны аналитико-статистический методы и средства мониторинга для решения проблемы оценки надежности СХД в реальных условиях неполной информации или отсутствия информации о законах распределения случайных величин;
- 5) разработаны модели и практические методы оценки надежности конфигураций СХД, полученных на основе суперпозиции типовых структур, а также с помощью разработанного аналитико-статистического метода;
- 6) разработано программное обеспечение имитации функционирования СХД, в том числе для СХД с переменной и перестраивающейся структурой;
- 7) разработаны алгоритмы и программные средства диагностики СХД и ее компонентов при детерминированных и случайных величинах составных параметров и с учетом различных режимов функционирования СХД;
- 8) разработаны алгоритмы расчета моментов распределений времен пребываний в различных состояниях СХД при произвольных распределениях отказов и восстановлений.

По результатам выполненных работ этапа 2 ПНИЭР установлено, что выявленная научно-техническая проблема повышения надежности и предотвращения критических ситуаций путем прогнозирования сбоев в работе системы хранения данных в настоящий момент актуальна, разработанные и испытанные математическая модель прогнозирования сбоев, системно-динамическая модель, алгоритмы диагностирования и прогнозирования сбоев СХД в конфигурациях 1-3 и технические решения, в части диагностирования аппаратных компонентов систем хранения данных на основе имитационных дискретно-событийных моделей функционирования аппаратных компонентов и системно-динамической модели СХД, дают устойчивые результаты и подтверждают те выводы, которые были сделаны на этапе 1 ПНИЭР.

Изготовленные экспериментальные образцы системы хранения данных на платформе TATLIN (в конфигурациях 1, 2, 3) не имеют прямых аналогов на российском рынке и предназначены для ускоренной обработки больших объемов данных.

Реализованный онтологический подход к построению СДМ СХД является новым методом формализованного описания как функциональных, так и структурных элементов СХД, связывая их с информационными признаками, что достигается за счет заложенных в онтологию концепций отдельных физических и виртуальных компонентов архитектуры СХД, концепций элементов кластера СХД, а также концепций диагностических параметров и информационных признаков.

Практическая значимость выполненных на втором этапе работ заключается в технической реализации математических моделей и алгоритмов, разработанных ранее (в части диагностирования аппаратных компонентов СХД); разработке моделей и алгоритмов предсказания сбоев; создании экспериментальной, исследовательской базы (стендов для проведения экспериментальных исследований и испытаний программных комплексов, экспериментальных образцов СХД) для завершения работ по созданию экспериментального образца аппаратно-программного комплекса и проведения его испытаний.

По результатам дополнительных патентных исследований установлено, что предлагаемые технические решения позволяют обеспечить предсказательную аналитику для сбоев и отказов и предотвращение критических ситуаций в СХД, соответствующие мировому уровню отказоустойчивости для данного класса сложных вычислительных систем. СХД на платформе TATLIN не имеют прямых аналогов на российском рынке и предназначены для ускоренной обработки больших объемов данных.

Таким образом, поставленные задачи этапа 2 ПНИЭР решены в полном объеме и в соответствии с требованиями ТЗ на выполнение ПНИЭР, а полученные результаты обладают научной новизной и практической значимостью.

### **3. Охраноспособные результаты интеллектуальной деятельности (РИД), полученные в рамках прикладного научного исследования и экспериментальной разработки**

1. Программа для ЭВМ свидетельство о государственной регистрации № 20118660284 от 21.08.2018 «Программа для сбора параметров системы хранения данных» РФ.
2. Программа для ЭВМ свидетельство о государственной регистрации № 2018665078 от 30.11.2018 «Программа имитации функционирования аппаратной компоненты системы хранения данных – носителя информации» РФ.
3. Программа для ЭВМ свидетельство о государственной регистрации № 2018665160 от 03.12.2018 «Программа имитации функционирования аппаратной компоненты системы хранения данных – контроллера фабрики PCI -Express» РФ.
4. Программа для ЭВМ свидетельство о государственной регистрации № 2018665676 от 06.12.2018 «Программа имитации

#### 4. Назначение и область применения результатов проекта

Результаты проекта могут применяться в различных областях, например:

- 1) Информационно-телекоммуникационные услуги;
- 2) Хранение персональных данных;
- 3) Хранение данных российских производственных предприятий;
- 4) Хранение данных российских интернет-компаний, мессенджеров, социальных сетей, компаний, обеспечивающих функционирование почтовых и поисковых сервисов;
- 5) Хранение данных правоохранительных организаций;
- 6) Хранение данных для тяжелой и легкой промышленности.

Результаты проведенного дополнительного патентного исследования были использованы для подготовки РИД по теме проекта. Разработанные системно-динамическая и имитационные модели будут использованы при разработке алгоритма и программного комплекса прогнозирования сбоев для предотвращения критических ситуаций, в том числе деградации производительности и потери данных при выполнении операций чтения/записи в СХД в конфигурациях 4 и 5.

Полученные результаты будут использованы для проведения экспериментальных исследований и дальнейшего развития разработанных на втором этапе математических моделей, алгоритма прогнозирования, технических решений и стендов для тестирования программных средств с целью обеспечения разработки алгоритмов предсказательной аналитики состояний систем хранения данных различных конфигураций с учетом вариабельности параметров системы и режимов функционирования, моделей повышения надежности систем хранения данных и аппаратно-программного комплекса для прогнозирования сбоев в работе системы хранения данных.

Разработанные модели и алгоритм диагностики будут использованы при проведении испытаний изготовленных экспериментальных образцов систем хранения данных на соответствие предъявляемым требованиям.

Разработанные стены в совокупности с разработанной к ним конструкторской и программной документацией целесообразно использовать при проведении экспериментальных исследований программных средств для прогнозирования и имитации систем хранения данных.

Выполненные разработки будут:

- 1) способствовать повышению эффективности мониторинга параметров СХД;
- 2) обеспечивать определение предотказного состояния СХД и ее компонентов для предотвращения критических ситуаций; обеспечивать сокращение времени на принятие решения при наличии отказов в процессе функционирования СХД в условиях различных режимов эксплуатации и влияния внешних факторов – температуры воздуха, относительной влажности, давления и вибрации

#### 5. Эффекты от внедрения результатов проекта

Снижение риска потери данных, снижение издержек на хранение единицы объема данных, снижение трудоемкости сбора и обработки данных мониторинга, снижение скорости реагирования и повышение уровня эффективности принятия решения о предотвращении критических ситуаций за счет наличия статистических данных о вероятностном распределении их наступления в зависимости от набора параметров.

#### 6. Формы и объемы коммерциализации результатов проекта

Разрабатываемая в рамках проекта система хранения данных, может быть использована, в решении задач корпоративных и государственных заказчиков, индустрии ИТ, а именно:

- 1) операторами связи;
- 2) правоохранительными органами;
- 3) российскими интернет-компаниями;
- 4) компаниями, обеспечивающими функционирование почтовых и поисковых сервисов;
- 5) игровой индустрии;
- 6) промышленностью и т.д.

Отказоустойчивая система хранения данных, разрабатываемая в рамках данного проекта, имеет обширные возможности по коммерциализации, так как сбор и хранение данных, является неотъемлемой частью любой индустрии. Также, опыт в разработке систем мониторинга сложных вычислительных систем будет использован в образовательном процессе и при выполнении научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по заказам российских и зарубежных компаний.

Разрабатываемые экспериментальные образы аппаратно-программных комплексов прогнозирования сбоев войдут в состав продуктов на базе платформы TATLIN в парадигме «функция определяет форму», что предполагает, что функциональность продуктов в наибольшей степени востребована потребителями:

- 1) гибридная система хранения данных с унифицированным протоколом доступа (Hybrid Unified Storage) (разработка опытного образца завершена в 2018 г.);
- 2) система хранения данных на основе флеш-памяти (All-Flash система) (разработка опытного образца завершена в 2018 г.);
- 3) системы архивного хранения больших объемов с оригинальной технологией холодного хранения (плановый срок завершения разработки – 2019 г.).

На данный момент, предполагается использовать разрабатываемую систему хранения данных на мировом и внутреннем рынках. Рынок хранения данных занимает второе место среди расходов на ИТ и составляет примерно 23% от всех расходов. В

последующие 5 лет, рынок сбыта систем хранения данных на мировом рынке может вырасти на 250% (50% в год) и на 178,5% (37,5% в год) для внутреннего рынка.

## 7. Наличие соисполнителей

2018 год - федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики».

федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого"

Проректор по научной работе

(должность)

Руководитель работ по проекту

доцент кафедры

М.П.



(подпись)

Сергеев В.В.

(фамилия, имя, отчество)

Мария

(подпись)

Болсуновская М.В.

(фамилия, имя, отчество)