

## ОТЗЫВ

члена диссертационного совета Рябова Виктора Германовича на диссертацию Пряхиной Дарьи Игоревны на тему «Цифровые двойники для решения задач управления и развития распределенных центров сбора, хранения и обработки данных», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по научной специальности

### 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика.

Актуальность диссертационного исследования основывается на безусловной необходимости постоянного совершенствования распределенных центров сбора, хранения и обработки данных (РЦОД), которые играют ключевую роль для научных экспериментов класса мегасайенс. В процессе решения задачи масштабирования возникает потребность в анализе степени надежности возможных сценариев развития РЦОД. При этом необходимо учитывать все процессы, происходящие в РЦОД, включая стратегии управления потоками задач, а также параметры потоков данных для хранения и обработки. В диссертации предложен метод создания и использования цифровых двойников (ЦД), которые могут быть применены к решению перечисленных задач.

В целом, во **введении диссертации** достаточно ясно изложена актуальность работы, поставлена цель исследования, а также задачи для ее достижения, обоснована научная новизна работы, сформулированы положения, выносимые на защиту, показана практическая значимость полученных результатов.

**В первой главе** проведен анализ существующих ЦД и средств моделирования центров хранения и обработки данных, по результатам которого сделан аргументированный вывод о необходимости разработки метода и алгоритмов построения цифровых двойников РЦОД для проведения исследований эффективности и надежности РЦОД как при проектировании, так и в процессе функционирования, управлять РЦОД, проверять различные сценарии масштабирования, учитывая требования к потокам данных и задач.

**Во второй главе** определены функциональные и нефункциональные требования к цифровым двойникам РЦОД, согласно которым сформулирован новый метод построения и использования ЦД для решения задач управления и развития РЦОД. Описание метода изложено очень подробно, использованы принципы системного подхода, тщательно исследованы системные связи и закономерности функционирования сложных систем. Для реализации метода разработаны необходимые алгоритмы и создана модель данных.

**Третья глава** включает в себя описание программной реализации метода и предложенных алгоритмов, на основе которых разработано специальное программное обеспечение (СПО), используемое для принятия решений по выбору конфигурации оборудования РЦОД согласно заданным требованиям.

**Четвертая глава** посвящена результатам верификации и опытной эксплуатации СПО. В процессе верификации экспериментально подтверждена адекватность разработанных моделей ЦД центра сбора, хранения и обработки данных эксперимента VM@N комплекса NICA. Рассматриваемая вычислительная инфраструктура использовалась для получения, хранения и обработки данных последнего сеанса

эксперимента, который проходил с декабря 2022 года по февраль 2023 года. Результаты верификации доказали корректную работу программы моделирования: отклонения результатов работы ЦД от результатов работы реальных РЦОД не превышают трех среднеквадратических отклонений статистических данных мониторинга.

**Достоверность рекомендаций и выводов** по результатам диссертационного исследования подтверждается практикой применения разработанных методов при проектировании и развитии вычислительных инфраструктур для крупных экспериментов в области физики высоких энергий, а именно проведена опытная эксплуатация СПО на примерах построения ЦД вычислительной инфраструктуры эксперимента  $BM@N$  и ЦД вычислительной системы онлайн-фильтра данных эксперимента SPD комплекса NICA. Показана применимость СПО и возможность использования ЦД для проектирования, повышения эффективности функционирования, качества и надежности сложных систем сбора, хранения и обработки данных.

Общие выводы по работе, представленные в **заключении диссертации**, изложены кратко, логично и полностью соответствуют содержанию работы и полученным результатам.

**Список литературы** и библиографические ссылки составлены согласно требованиям. Список литературы актуален, соответствует тематике исследуемой предметной области и содержит научные работы автора по теме диссертации.

**Приложения диссертации** содержат инструкцию для пользователя по работе со СПО, свидетельство о регистрации программы для ЭВМ, а также письма о применении результатов диссертационного исследования.

В ходе изучения работы появились некоторые **замечания**.

1. В тексте диссертации указано, что моделирование в ядре ЦД проводится по постоянным временным единицам, минимальное значение которых составляет 1 секунду. Однако не объясняется, в каком диапазоне могут изменяться эти значения, от чего зависит выбор того или иного значения времени и какое влияние оказывает на результат моделирования.

2. В диссертации не рассматриваются методы многокритериального анализа. Выбор конфигурации оборудования для распределенного центра сбора, хранения и обработки данных основан на определении наиболее предпочтительного критерия.

Однако, данные замечания не снижают научной ценности, практической значимости и общей положительной оценки диссертационного исследования.

Предложенные решения диссертации основываются на изучении и критическом осмыслении научных трудов и разработок в области организации распределенного хранения и надежной передачи больших объемов данных физических экспериментов. Достоверность рекомендаций и выводов по результатам диссертационного исследования подтверждается практикой применения разработанных методов при проектировании и развитии вычислительных инфраструктур для крупных экспериментов в области физики высоких энергий.

Все основные научные результаты диссертации опубликованы в рецензируемых научных изданиях Scopus, научных журналах по списку ВАК и были представлены на международных и всероссийских научных конференциях, также получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Таким образом, изложенные в диссертационном исследовании научные результаты являются новыми, аргументированными, достоверными, полностью изложены в научных публикациях соискателя и отражают личный вклад автора в развитие науки.

Диссертация Пряхиной Дарьи Игоревны на тему: «Цифровые двойники для решения задач управления и развития распределенных центров сбора, хранения и обработки данных» соответствует основным требованиям, установленным Приказом от 19.11.2021 № 11181/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете», соискатель Пряхина Дарья Игоревна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика. Нарушения пунктов 9 и 11 указанного Порядка в диссертации не обнаружены.

Член диссертационного совета

д.ф.-м.н., профессор РАН,  
ведущий научный сотрудник,  
Петербургский институт ядерной физики  
им. Б.П. Константинова  
Национального исследовательского центра  
«Курчатовский институт»



Рябов В.Г.

19.11.2024