|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | УТВЕРЖДАЮ Первый проректор –  Проректор по научной работе  МГТУ им. Н.Э. Баумана  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ В.Н. Зимин  «\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2013 г. |

|  |
| --- |
| **ПРОГРАММА И МЕТОДИКИ**  **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ (ПМЭИ)**  **ПРОГРАММЫ gcdfes\_dll\_MultiscaleSolver**  **В СОСТАВЕ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ GCD**  **643.02066434.00010-01 51 01** |
|  |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Руководитель проекта |  | Ю.И. Димитриенко |
| Разработчик |  | А.П. Соколов |
| Нормоконтролер |  | С.С. Агафонова |

Условные обозначения и сокращения, принятые в тексте

|  |  |
| --- | --- |
| РВС GCD | Распределенная вычислительная система GCD |
| gcdfes\_dll\_MultiscaleSolver | Программная подсистема в РВС GCD проведения масштабируемых вычислений в задачах многоуровневого моделирования процессов деформирования и разрушения полимерных нанокомпозитов |
| ПМЭИ (или Программа) | Программа и методики экспериментальных исследований или просто программа испытаний |
| ПЭИ | Программа экспериментальных исследований |
| МЭИ | Методики экспериментальных исследований |
| ПД | Программная документация |
| Объект испытаний | Программная подсистема gcdfes\_dll\_MultiscaleSolver в РВС GCD (по тексту программная подсистема) |
| ТЗ | Техническое задание |
| Контрольный пример | Набор входных данных для испытуемой программной подсистемы, необходимых для получения результата (положительного или отрицательного) |
| Нештатная ситуация | Ситуация неожиданного завершения работы, зацикливания, получения некорректных данных без соответствующего уведомления и т.п. |
| СЛАУ | Система линейных алгебраических уравнений |
| КЭ | Конечный элемент |

# **Б.1. Общие положения**

Б.1.1 Наименование и обозначение программного комплекса (далее – комплекс)*.*

**Программная подсистема проведения масштабируемых вычислений в задачах многоуровневого моделирования процессов деформирования и разрушения полимерных нанокомпозитов gcdfes\_dll\_MultiscaleSolver, разработанная в рамках распределенной вычислительной системы GCD (далее просто программная подсистема).**

Б.1.2 Цель испытаний:

1. исследование технических характеристик программного комплекса (далее – комплекс) и путей достижения значений, установленных требованиями технического задания;
2. предварительная оценка соответствия комплекса требованиям ТЗ, а также определение готовности комплекса к приемочным испытаниям;
3. подтверждение соответствия характеристик комплекса всем требованиям, заданным ТЗ, в условиях, максимально приближенных к условиям реальной эксплуатации (применения, использования), а также для подтверждения эксплуатационной пригодности комплекса.

Б.1.3 Условия предъявления комплекса на испытания.

Б.1.3.1 Комплекс предъявляется на испытания на следующем носителе:

**в виде объектного кода на CD диске, который обеспечивает возможность запуска комплекса при помощи клиентского приложения gcd\_Client®, в который при успешной авторизации пользователя автоматически интегрируется объектный код модуля gcdfes\_dll\_MultiscaleSolver, который впоследствии позволяет проводить необходимые численные исследования.**

Программа представляется для последующих испытаний в следующей комплектности:

**CD диск; комплект программной документации.**

### Б.1.3.2 Комплекс предъявляется на испытания в сопровождении следующих документов:

1. техническое задание;
2. комплект ПД, откорректированный по результатам ранее проведенных испытаний;
   1. Описание применения (согласно ГОСТ 19.502-78).
   2. Описание программы (согласно ГОСТ 19.402-78).
   3. Руководство оператора (согласно ГОСТ 19.505-79).
3. настоящая ПМЭИ;
4. нормативная документация, указанная в ПМЭИ;
5. акт технической готовности программы.

# **Б.2 Общие требования к условиям, обеспечению и проведению испытаний**

Б.2.1 Место проведения испытаний.

Испытания проводятся на базе МГТУ им. Н.Э. Баумана в научно-образовательном центре «Суперкомпьютерное инженерное моделирование и разработка программных комплексов».

Б.2.2 Требования к средствам проведения испытаний.

### Б.2.2.1 Перечень средств проведения испытаний приведён в приложении Б*.*

### Б.2.2.2 Средства проведения испытаний, указанные в приложении Б, могут быть заменены другими аналогичными, обеспечивающими заданные Техническим заданием требования.

### Б.2.3 Требования к условиям проведения испытаний (состояние окружающей, искусственно создаваемой или моделируемой среды и т.п.).

### Испытания должны проводиться в нормальных климатических условиях:

|  |  |
| --- | --- |
| температура окружающего воздуха, оС: | 20±10 |
| относительная влажность воздуха, %: | от 45 до 80 |
| атмосферное давление, мм рт. ст.: | от 630 до 800 |

Б.2.4 Требования к подготовке объекта испытаний к испытаниям

### К началу испытаний изготовитель должен представить «Акт технической готовности программной подсистемы».

Б.2.5 Требования к персоналу, осуществляющему подготовку к испытаниям и испытания

К проведению испытаний допускается персонал, изучивший:

1. программную документацию на программную подсистему;
2. программную документацию на РВС GCD.

# **Б.3 Требования безопасности**

Б.3.1 Требования безопасности при подготовке объекта испытаний к испытаниям

Подготовка объекта испытаний может быть осуществлена только авторизованным пользователем РВС GCD.

Б.3.2 Требования безопасности при проведении испытаний.

Испытания объекта испытаний может проводить только авторизованный в РВС GCD пользователь.

Б.3.3 Требования безопасности при выполнении работ по завершению испытаний.

Не предъявляются.

**Б.4 Программа экспериментальных исследований (далее - ПЭИ)**

Таблица Б.1 - Определяемые показатели и точность их измерений

| Пункт программы исп. | Наименование  Показателя | Пункт требований ТЗ | Ед. изм. | Номинальное значение | Предельные отклонения | Пункт методики |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Б.4.1 | Проверка на соответствие комплектности и оценка качества ПД | 7.3, 7.5 | - | - | - | Б.6.1. |
| Б.4.2 | Проверка комплектностипрограммной подсистемы,ее соответствия ПД | 5.1.8 а) | - | - | - | Б.6.2. |
| Б.4.3 | Проверка комплектности и качества ЭД | Требования по ТЗ не предъявляются | - | - | - | - |
| **Б.4.4** | **Испытания отдельных программных компонент программной подсистемы** | | | | | |
| Б.4.4.1. | Испытания логики | 5.1.11 | - | - | - | Б.6.3. |
| Б.4.4.2 | Испытания вычислений | 6.3.1,  9.1.1 | - | - | - | Б.6.4. |
| Б.4.5 | Проверка связей между программами комплекса | Требования по ТЗ не предъявляются | - | - | - | - |
| Б.4.6 | Испытание интеграции программной подсистемы с минимальной комплектацией аппаратных средств | Требования по ТЗ не предъявляются | - | - | - | - |
| Б.4.7 | Проверка показателей назначения программной подсистемы | 6.1,  6.2 | - | - | - | Б.6.5. |
| Б.4.8 | Испытание удовлетворения требований к объектам исследований | 6.3.2.1 | - | - | - | Б.6.6. |
| Б.4.9 | Проверка интеграции в РВС GCD | 6.3.2.2 | - | - | - | Б.6.7 |

# **Б.5 Режимы испытаний**

Б.5.1. Порядок испытаний

Для проведения испытаний приказом руководителя организации-исполнителя назначается комиссия.

Испытания проводятся в соответствии с планом-графиком, утверждаемым руководителем организации-исполнителя.

Последовательность проведения испытаний может быть изменена по решению комиссии.

Б.5.2. Ограничения и другие указания, которые необходимо выполнять на всех или на отдельных режимах испытаний

Испытания прекращаются в случаях:

1. несоответствия получаемых результатов требованиям ТЗ;
2. возникновения аварийных ситуаций.

Б.5.3 Условия перерыва, аннулирования и возобновления испытаний на всех или на отдельных режимах.

Необходимость, условия и порядок перерыва, аннулирования или прекращения испытаний определяется комиссией.

# **Б.6 Методики экспериментальных исследований**

Б.6.1 Проверка по п. Б.4.1 Программы выполняется следующим образом.

Проверяется соответствие ПД комплектности, приведенной в п. Б.1.3.2Программы, и качества ПД – требованиям ЕСПД.

Комплект ПД считается выдержавшим испытание, если его комплектность соответствует требованиям, приведенным в п. Б.4.1Программы, а качество – требованиям ЕСПД.

Б.6.2 Проверка по п. Б.4.2 Программы выполняется следующим образом.

Проверяется соответствие комплектности программной подсистемы требованиям, приведенным в п. Б.1.3.1 Программы и ПД.

Программная подсистема считается выдержавшей проверку, если ее комплектность соответствуют требованиям, приведенным в п. Б.4.2 Программы и ПД.

Б.6.3 Испытание логики по п. Б.4.4.1 Программы выполняется представленным образом.

Цель испытания – подтвердить, что программная подсистема не выполняет нежелательных функций, выявить и устранить ошибки логики в процессе выполнения, приводящие к неправильному результату или невозможности получения результата вовсе.

К ошибкам логики относятся:

1. нештатное завершение работы или зацикливание;
2. отсутствие логики, позволяющей обрабатывать определенные корректные входные данные;
3. отсутствие логики, позволяющей обрабатывать определенные некорректные входные данные.

Испытание проводится в соответствии с ПМЭИ по п. Б.6.8.

Возможные нештатные ситуации:

1. аварийное завершение работы программы и/или нештатное зацикливание вне зависимости от корректности исходных данных (несогласованность единиц измерения в исходных данных);
2. наличие необработанной ситуации при поданных некорректных исходных данных;
3. наличие необработанной ситуации при поданных корректных исходных данных (несоответствие типа КЭ в используемой КЭ сетке и в вычислительном алгоритме).

Программная подсистема считается выдержавшей испытание, если она выдержала испытание в соответствии с п. Б.6.8. ПМЭИ.

Б.6.4 Испытание вычислений по п. Б.4.4.2. Программы выполняется следующим образом.

Цель испытания – выявить наличие нештатных ситуаций и устранить их в последовательности вычислений, выполнении операций, точности и использовании численных алгоритмов.

Испытание должно проводиться с использованием корректных исходных данных:

1. определенных в допустимых диапазонах изменения;
2. или находящихся на границе допустимых диапазонов изменения, установленной требованиями ТЗ.

Испытание проводится в соответствии с ПМЭИ по п. Б.6.8. с проверкой списка нештатных ситуаций представленных ниже.

Возможные нештатные ситуации:

1. невозможность осуществить расчет с использованием программной подсистемы для многоуровневой модели композита с числом структурных уровней до 10;
2. невозможность осуществить расчет с использованием программной подсистемы полного комплекса компонент тензора модулей упругости с учетом возможной произвольной анизотропии материала на макроуровне, в количестве 21 компоненты;
3. невозможность осуществить расчет с использованием программной подсистемы на макро-уровне нелинейных диаграмм деформирования материала с учетом повреждаемости (микроразрушения), при режимах простого одноосного нагружения, а также многоосного нагружения; максимальная размерность пространства макронапряжений, в котором возможно нагружение образцов материала, при численном моделировании равно 6.
4. невозможность осуществить расчет с использованием программной подсистемы микроразрушения полимерных нанокомпозитов, а также расчеты предельного состояния (макро-прочности) материалов при режимах простого одноосного нагружения, а также многоосного нагружения, максимальная размерность пространства макронапряжений, в котором возможно нагружение образцов материала, при численном моделировании равно 6;
5. отсутствие различия при проведении моделирования процессов разрушения полимерных композиционных материалов с использованием программной подсистемы при растяжении и сжатии (выявление наличия допущения об инверсии прочности);
6. отсутствие качественного совпадения значений компонент тензора модулей упругости и технических упругих констант модели однонаправленно-армированных нанокомпозитов, рассчитанных с использованием программной подсистемы, при проверке с помощью модели Победри-Молькова для однонаправленно-армированных композитов;
7. превышение погрешности порога в 1% между значениями компонент тензора модулей упругости и техническими упругими константами модели композита, рассчитанными с использованием программной подсистемы, и требуемыми значениями;
8. невозможность обеспечить графическое представление результатов расчета с использованием программной подсистемы - пространственного распределения микромеханических полей на мезоуровне;
9. невозможность представления результатов моделирования микромеханических полей на мезоуровне с количеством 3D конечных элементов до 10 000 000;
10. сокращение общего времени на проведение расчета свойств композиционных материалов за счет использования программной подсистемы менее чем в 5 раз при использовании технологии OpenMP;
11. невозможность осуществить расчет с использованием программной подсистемы для расчетной модели с числом конечных элементов в конечно-элементной аппроксимации более 10 миллионов конечных элементов (для 1-го масштабного уровня);
12. невозможность построить модель полимерного нанокомпозита с числом различных масштабных структурных уровней более 5 в программной подсистеме;
13. превышение относительной погрешности порога 1.0E-5 при численном решении СЛАУ большой размерности (не менее 10 млн. уравнений), возникающей при решении локальной задачи микромеханики композитов методом гомогенизации, реализованном в программной подсистеме;
14. превышение времени решения одной локальной линеаризованной задачи для 1-го структурного уровня для сетки с числом конечных элементов не менее 10 млн. порога в 1 час.

Программная подсистема считается выдержавшей испытание, если она выдержала испытание в соответствии с п. Б.6.8. ПМЭИ.

Б.6.5 Проверка показателей назначения программной подсистемыпо п. Б.4.7. ПМЭИ выполняется следующим образом.

Испытание проводится в соответствии с ПМЭИ по п. Б.6.8. с проверкой списка нештатных ситуаций представленных ниже.

Испытание необходимо для выявления принципиальных ошибок проектирования программных реализаций разработанных математических методов, численных схем, моделей и алгоритмов.

Задачи испытания.

1) Определить способность программной подсистемы к масштабированию вычислительных процессов - возможности работать как на высокопроизводительных системах так и на системах начального уровня.

2) Определить соответствие назначения разработанной программной подсистемы требованиям предъявляемым ТЗ.

Возможные нештатные ситуации:

1. невозможность проведения численного эксперимента на высокопроизводительных многопроцессорных вычислительных системах (должно быть задействовано оборудование: п.4 Приложения 2);
2. невозможность проведения численного эксперимента на системах начального уровнях (персональных компьютерах, поддерживающих технологию CUDA).
3. невозможность проведения численного эксперимента на высокопроизводительных многопроцессорных вычислительных системах по моделированию процессов деформирования и разрушения полимерных нанокомпозитов, содержащих асимметричные включения (короткие волокна, многостенные трубки или пластинчатые включения), на основе разработанной технологии GCD для многопроцессорных вычислительных систем;
4. отсутствие в программной подсистеме реализации метода многоуровневой иерархически-вложенной гомогенизации квазирегулярных полимерных структур от нано- до макро- уровня, учитывающего сложные морфологические структуры реальных наностурктурированных материалов.
5. отсутствие в программной подсистеме реализации алгоритмов многоуровневого моделирования деформационно-прочностных свойств нанокомпозитов;
6. отсутствие в программной подсистеме реализации метода и алгоритмов многоуровневой иерархически-вложенной гомогенизации (МИГ).

Программная подсистема считается выдержавшей испытание, если она выдержала испытание в соответствии с п. Б.6.8. ПМЭИ.

Б.6.6 Проверкапо п. Б.4.8. ПМЭИ выполняется следующим образом.

Испытание проводится в соответствии с ПМЭИ по п. Б.6.8. с проверкой списка нештатных ситуаций представленных ниже.

Возможные нештатные ситуации:

1. невозможность осуществить расчет с использованием программной подсистемы методом многоуровневой иерархически-вложенной гомогенизации полимерных структур на вычислительных системах начального уровня производительности и на высокопроизводительных вычислительных комплексах;
2. невозможность осуществить расчет с использованием программной подсистемы на системах до 1000000 атомов (для молекулярно-динамических расчетов) и моделирования микромеханических полей на мезоуровне с количеством 3D конечных элементов до 10000000 (для конечно-элементных расчетов);
3. отсутствие поддержки в программной подсистеме основных форматов представления результатов моделирования;
4. отсутствие поддержки в программной подсистеме форматов представления постановок задач (TSK);
5. отсутствие поддержки в программной подсистеме форматов представления математических моделей и используемых численных методов (XDBT).

Программная подсистема считается выдержавшей испытание, если она выдержала испытание в соответствии с п. Б.6.8. ПМЭИ.

Б.6.7 Проверкапо п. Б.4.9. ПМЭИ выполняется следующим образом.

Испытание проводится в соответствии с ПМЭИ по п. Б.6.8.

Возможные нештатные ситуации:

1. невозможность автоматической интеграции в РВС GCD испытуемой программной подсистемы;
2. невозможность осуществить расчет с использованием программной подсистемы на суперкомпьютере с общей памятью;
3. выявление зависимости от сторонних библиотек кроме STL, Boost и/или реализации отдельных компонент или всей программной подсистемы на языке программирования кроме С++.

Программная подсистема считается выдержавшей испытание, если она выдержала испытание в соответствии с п. Б.6.8. ПМЭИ.

Б.6.8 Испытание работоспособности и эксплуатационной пригодности программной подсистемы в целом .

Испытание проводится следующим образом:

1. Определяется список возможных нештатных ситуаций. Возможные нештатные ситуации определяются использованием данного метода испытаний для конкретного пункта ПМЭИ, в соответствие которому поставлен конкретный пункт ТЗ.
2. Выбираются Контрольные примеры (тесты) по одному для каждой возможной нештатной ситуации, определяющие входные данные (возможно некорректные) для подачи на вход испытуемой программной подсистеме.
3. Выполняется прогон программной подсистемы для каждого контрольного примера с целью выявления нештатных ситуаций в работе программной подсистемы.
   1. Запуск клиентского приложения РВС GCD gcd\_Client для старта панели управления при помощи старта программы gcd\_Client\_Win32.exe (в ОС семейства Windows).
   2. Выбор профиля пользователя для работы (с использованием функции РВС GCD CONPLG).
   3. Выбор подсистемы для проведения многомасштабного моделирования процессов деформирования и разрушения наномодифицированных полимерных КМ (MSCALEFEM).
   4. Запуск функции FEMTSK из консоли управления РВС GCD (SHELL).
   5. Выбор файла постановки тестовой задачи (для каждой нештатной ситуации должен быть подготовлен тестовый файл в формате \*.TSK постановки задачи и представлен его листинг вместе с Протоколом экспериментальных исследований и Актом о проведенных экспериментальных исследованиях).
   6. Ввод и корректировка данных для тестовой задачи.
   7. Запуск программной подсистемы gcdfes\_dll\_MultiscaleSolver обработки предоставленного файла постановки осуществляется неявно. При неуспешной интеграции подсистемы в РВС GCD должно быть выдано соответствующее сообщение.
   8. Получение сообщения об успешно проведенной обработке данных и уведомления о месте хранения файлов результатов.
   9. Запуск функции GCDVIELMV для представления имитационных моделей для представления результатов моделирования процессов деформирования и разрушения моделей композиционных материалов на различных структурных уровнях от микро- до нано- масштаба.
   10. Запуск функции GCDVIELGV для представления графических результатов работы вычислительной программной подсистемой gcdfes\_dll\_MultiscaleSolver: диаграмм напряжение-деформации для представления результатов моделирования процессов деформирования и разрушения моделей композиционных материалов.
   11. Запуск функции INIGENER и создание объекта отчета на базе шаблона (PEI) о результатах проведенного экспериментального исследований с автоматическим формированием документа: Отчет о результатах проведения экспериментального исследования (ОРПЭИ) (формат документа PDF).
   12. Анализ отчета о результатах проведения экспериментального исследования.
   13. Заключение об успешности/безуспешности проведенного экспериментального исследования.

Программная подсистема считается выдержавшей испытание, если все возможные нештатные ситуации были корректно обработаны программной подсистемой, а для случая наличия конкретного технического требования в ТЗ соответствующая нештатная ситуация исключена полностью.

# **Б.7 Отчетность**

Б.7.1 Заданные и фактические данные, полученные при испытаниях по каждому пункту программы, оформляются протоколами, представляемыми на заседание комиссии. Типовая форма протокола испытаний приведена в приложении В.

В согласованных случаях допускается оформлять одним протоколом данные, полученные при испытаниях по нескольким пунктам программы.

Б.7.2 По результатам испытаний в течение 3 дней комиссией составляется акт испытаний.

Акт испытаний должен содержать:

1. подтверждение выполнения программы и методики экспериментальных исследований;
2. оценку результатов испытаний с конкретными точными формулировками, отражающими соответствие испытуемой программной подсистемы требованиям ТЗ;
3. выводы по результатам испытаний;
4. заключение о возможности предъявления программной подсистемы на следующий этап испытаний (возможности тиражирования и реализации комплекса[[1]](#footnote-1)).

К акту прилагаются протоколы испытаний по пунктам программы.

Б.7.3 Первичные материалы испытаний хранятся в МГТУ им. Н.Э. Баумана в научно-образовательном центре «Суперкомпьютерное инженерное моделирование и разработка программных комплексов» в течение 5 лет со дня окончания испытаний.

Б.7.4 Отчетная документация рассылается в следующие адреса:

Минобрнауки России, 125993, г. Москва, ул. Тверская, д. 11, стр. 4.

# **Приложения**

|  |  |
| --- | --- |
| Приложение Б.1 | Перечень ссылочных документов |
| Приложение Б.2 | Перечень средств проведения испытаний и испытательного оборудования, необходимого для проведения испытаний |
| Приложение Б.3 | Типовые протоколы экспериментальных исследований |

ПРИЛОЖЕНИЕ Б.1

(к программе и методикам испытаний ПО)

# **Перечень ссылочных документов**

|  |  |
| --- | --- |
| ГОСТ 19.103-77 | Обозначение программ и программных документов. |
| ГОСТ 19.105-78\* | Единая система программной документации. Общие требования к программным документам. |
| ГОСТ 19.401-78 | Единая система программной документации. Текст программы. Требования к содержанию и оформлению. |
| ГОСТ 19.402-78 | Единая система программной документации. Описание программы. |
| ГОСТ 19.502-78\* | Единая система программной документации. Описание применения. Требования к содержанию и оформлению. |
| ГОСТ 19.505-79 | Единая система программной документации. Руководство оператора. Требования к содержанию и оформлению. |
| ГОСТ 34-201-89 | Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Виды, комплектность и обозначение документов при создании автоматизированных систем. |
| ГОСТ 19.503-78 | Единая система программной документации. Руководство системного программиста. Требования к содержанию и оформлению. |
| ГОСТ 19.504-79 | Единая система программной документации. Руководство программиста. |
| ГОСТ 19.101-77 | Единая система программной документации. |
| ГОСТ 19.102-77 | Единая система программной документации. Стадии разработки |
| ГОСТ 7.32-2001 | Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления. |
| ГОСТ 2.125-88 | Правила выполнения эскизных конструкторских документов. |
| ГОСТ 15.101-98 | Порядок выполнения научно-исследовательских работ. |
| ГОСТ 16504-81 | Испытания и контроль качества продукции. |
| РД 50-34.698-90 | Автоматизированные системы. Требования к содержанию документов. |
| ГОСТ 2.111-68 | Единая система конструкторской документации.  Нормоконтроль. |

ПРИЛОЖЕНИЕ Б.2

(к программе и методикам испытаний ПО)

**Перечень средств проведения испытаний и испытательного**

**оборудования, необходимого для проведения испытаний**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер  п/п | Наименование,  тип и марка | Кол-во | ГОСТ, ТУ  или обозначение | Основные  характеристики |
| 1 | Сканирующий электронный микроскоп FEI Phenom, УИЦ НТ НМСТ | 1 | - | Увеличение в зависимости от режима работы:  оптический - 20х,  электронно-оптический - от 250х до 20000х.  Разрешение микроскопа составляет 20 нм. |
| 2 | Вычислительная  Лаборатория НОЦ «СИМПЛЕКС» МГТУ им. Н.Э. Баумана | 1 | - | Рабочие станции (5 шт.) с характеристиками **не ниже**:  процессоры: частота от 2.5 ГГц (количество ядер от 2),  оперативная память: 4.096 Мбайт |
| 3 | Управляющий сервер  РВС GCD | 1 | - | процессоры:  Intel(R) Xeon(R) CPU E5640 @ 2.67GHz (8 cores), cache: 12.288 Мбайт,  оперативная память: 16.295 Мбайт |
| 4 | Высокопроизводительный  вычислительный сервер | 1 | - | форм-фактор:  5U Rackmount (глубина - 762 мм)  процессоры:  8 x ( Intel® Xeon® E7-8870 Westmere-EX @ 2.400 ГГц (10 Core) ) w/HyperThreading, 6.4 Гбайт/сек, QPI, 30 Мбайт L3 cache  набор микросхем: Dual Intel® 7500 (Boxboro-EX)  оперативная память:  8 х 64 Гбайт (4 x DIMM 8 Гбайт DDR-III PC3L-8500 ECC Registered, QuadRank x4, Low voltage) |
| 5 | Специализированный кластер МГТУ им. Н.Э. Баумана  IBM System Cluster 1350 | 1 | - | Управляющий сервер: IBM x3650 - 1 шт.,  Серверы файловой системы GPFS IBM x3650 - 2 шт.  Серверы вычислительного поля IBM HS21 - 103 шт.  Шасси IBM BladeCenter H - 8 шт.  Коммутатор Ethernet SMC 8848M - 1 шт.  Коммутаторы Ethernet IBM Server Connectivity Module для шасси IBM BladeCenter H - 8 шт.  Коммутаторы Infiniband Cisco SFS 7000P - 4 шт.  Коммутаторы Infiniband Cisco для шасси IBM BladeCenter H - 8 шт.  оперативная память: 4.096 Мбайт на каждом узле |
| 6 | Специализированная рабочая станция с поддержкой проведения вычислений на GPU (с использованием технологии CUDA) | 1 | - | процессоры:  Intel(R) Core(R) i7 CPU 870 @ 2.93 ГГц (4 cores);  объем оперативной памяти:  4.096 Мбайт.  Установлен специализированный вычислитель (GPU):  NVIDIA Tesla C1060. |
| 7 | РВС GCD. Подсистема авторизации. Инструкция пользователя. | 1 | РД 50-34.698-90 | Электронный документ gcdaut\_ugd\_Authorization.pdf.  (643.02066434.00003-01 33 01) |
| 8 | РВС GCD. Подсистема распределения вычислительной нагрузки. Инструкция пользователя. | 1 | РД 50-34.698-90 | Электронный документ gcddsp\_ugd\_Dispatcher.pdf  (643.02066434.00004-01 33 01) |
| 9 | РВС GCD. Подсистема построения трехмерных моделей микроструктур композиционных материалов. Инструкция пользователя. | 1 | РД 50-34.698-90 | Электронный документ gcdgpr\_ugd\_GeoProcessor.pdf  (643.02066434.00005-01 33 01) |
| 10 | РВС GCD. Подсистема ведения журнала о событиях. Инструкция пользователя. | 1 | РД 50-34.698-90 | Электронный документ gcdlog\_ugd\_EventLog.pdf  (643.02066434.00001-01 33 01) |
| 11 | РВС GCD. Подсистема генерации сеток для проведения численных расчетов. Инструкция пользователя. | 1 | РД 50-34.698-90 | Электронный документ gcdmsg\_ugd\_MeshGeneration.pdf  (643.02066434.00006-01 33 01) |
| 12 | РВС GCD. Подсистема распределения ролей пользователей. Инструкция пользователя. | 1 | РД 50-34.698-90 | Электронный документ gcdrol\_ugd\_Roles.pdf  (643.02066434.00002-01 34 01) |
| 13 | РВС GCD. Подсистема ввода данных о свойствах компонентов композиционных материалов. Инструкция пользователя. | 1 | РД 50-34.698-90 | Электронный документ gcdsld\_ugd\_SLDDataInput.pdf  (643.02066434.00007-01 33 01-1) |

ПРИЛОЖЕНИЕ Б.3

(к программе и методикам испытаний ПО)

**Типовые протоколы экспериментальных исследований**

**ПРОТОКОЛ**

**экспериментального исследования по пункту № Б.6.1**

Программы и методики экспериментальных исследований

№ *число число месяц в родительном падеже* 2013 г.

**1. Объект испытания:** Программная подсистема проведения масштабируемых вычислений в задачах многоуровневого моделирования процессов деформирования и разрушения полимерных нанокомпозитов gcdfes\_dll\_MultiscaleSolver, разработанная в рамках распределенной вычислительной системы GCD*.*

**2. Цель испытания:** проверка соответствия объекта испытания требованиям пунктов №7.3, 7.5 технического задания:

7.3 Программная документация, отражающая экспериментальную реализацию разработанных решений в составе:

а) на каждый программный компонент:

1) текст программы в соответствии с ГОСТ 19.401-78;

2) описание программы в соответствии с ГОСТ 19.402-78;

б) на программную реализацию в целом:

1) описание применения в соответствии с ГОСТ 19.502-78.

7.5 Допускается выполнять программную документацию в части оформления с учетом требований ГОСТ 2.125-2008.

**3. Дата начала испытания**: первое июня 2013 г.

**4. Дата окончания испытания**: тридцать первое августа 2013 г.

**5. Место проведения испытания:** МГТУ им. Н.Э. Баумана, НОЦ «Симплекс».

**6. Результаты испытания**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование  параметра | Ед. изм. | Номера пунктов | | Требования к параметру | | Измеренное значение | | |
| Программы испытаний | Методик испытаний | Номинальное значение | Предельное отклонение | Нормальные условия | Во время  воздействия | После воздействия |
| Проверяется соответствие ПД комплектности, приведенной в п. Б.1.3.2Программы, и качества ПД – требованиям ЕСПД. | 0 – не соответствует,  1 – соответствует | Б.4.1 | Б.6.1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 |

**7. Замечания и рекомендации**

**8. Выводы**

8.1 Объект испытания «Программная подсистема проведения масштабируемых вычислений в задачах многоуровневого моделирования процессов деформирования и разрушения полимерных нанокомпозитов gcdfes\_dll\_MultiscaleSolver, разработанная в рамках распределенной вычислительной системы GCD»**,** *выдержал (не выдержал)* испытание по пункту № Б.6.1 Программы и методики экспериментальных исследований (643.02066434.00010-01 51 01).

8.2 Объект испытания«Программная подсистема проведения масштабируемых вычислений в задачах многоуровневого моделирования процессов деформирования и разрушения полимерных нанокомпозитов gcdfes\_dll\_MultiscaleSolver, разработанная в рамках распределенной вычислительной системы GCD»**,** соответствует *(не соответствует)* требованиям пунктам №7.3, 7.5технического задания.

**Испытание проводили**

зам. директора А.П. Соколов

мл. науч. сотр. А.В. Мариненко

мл. науч. сотр. М.Н. Коряков

ст.науч.сотр. Ю.В. Шпакова

Техник С.В. Сборщиков

Техник Ю.В. Юрин

Техник Х.Ю. Балабанова

Техник К.В. Михайловский

Техник А.С. Строганов

Техник В.М. Макаренков

Техник А.С. Шевцов

**ПРОТОКОЛ**

**экспериментального исследования по пункту № Б.6.2**

Программы и методики экспериментальных исследований

№ *число число месяц в родительном падеже* 2013 г.

**1. Объект испытания:** Программная подсистема проведения масштабируемых вычислений в задачах многоуровневого моделирования процессов деформирования и разрушения полимерных нанокомпозитов gcdfes\_dll\_MultiscaleSolver, разработанная в рамках распределенной вычислительной системы GCD*.*

**2. Цель испытания:** проверка соответствия объекта испытания требованиям пункта №5.1.8 а) технического задания: для экспериментальной проверки результатов теоретических исследований должны быть:

а) создана программная реализация разработанных алгоритмов масштабируемых вычислений в задачах многоуровневого моделирования процессов деформирования и разрушения полимерных нанокомпозитов, содержащих асимметричные включения (короткие волокна, многостенные трубки или пластинчатые включения), основанных на методе многоуровневой иерархически-вложенной гомогенизации квазирегулярных структур от нано- до макро- уровня без сплошного сеточного покрытия.

**3. Дата начала испытания**: первое июня 2013 г.

**4. Дата окончания испытания**: тридцать первое августа 2013 г.

**5. Место проведения испытания:** МГТУ им. Н.Э. Баумана, НОЦ «Симплекс».

**6. Результаты испытания**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование  параметра | Ед. изм. | Номера пунктов | | Требования к параметру | | Измеренное значение | | |
| Программы испытаний | Методик испытаний | Номинальное значение | Предельное отклонение | Нормальные условия | Во время  воздействия | После воздействия |
| Проверяется соответствие комплектности программной подсистемы требованиям, приведенным в п. Б.1.3.1 Программы и ПД | 0 – не соответствует,  1 – соответствует | Б.4.2 | Б.6.2 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 |

**7. Замечания и рекомендации**

**8. Выводы**

8.1 Объект испытания «Программная подсистема проведения масштабируемых вычислений в задачах многоуровневого моделирования процессов деформирования и разрушения полимерных нанокомпозитов gcdfes\_dll\_MultiscaleSolver, разработанная в рамках распределенной вычислительной системы GCD»**,** *выдержал (не выдержал)* испытание по пункту № Б.6.2 Программы и методики экспериментальных исследований (643.02066434.00010-01 51 01).

8.2 Объект испытания«Программная подсистема проведения масштабируемых вычислений в задачах многоуровневого моделирования процессов деформирования и разрушения полимерных нанокомпозитов gcdfes\_dll\_MultiscaleSolver, разработанная в рамках распределенной вычислительной системы GCD»**,** соответствует *(не соответствует)* требованиям пункту № 5.1.8 а)технического задания.

**Испытание проводили**

зам. директора А.П. Соколов

мл. науч. сотр. А.В. Мариненко

мл. науч. сотр. М.Н. Коряков

ст.науч.сотр. Ю.В. Шпакова

Техник С.В. Сборщиков

Техник Ю.В. Юрин

Техник Х.Ю. Балабанова

Техник К.В. Михайловский

Техник А.С. Строганов

Техник В.М. Макаренков

Техник А.С. Шевцов

**ПРОТОКОЛ**

**экспериментального исследования по пункту № Б.6.3**

Программы и методики экспериментальных исследований

№ *число число месяц в родительном падеже* 2013 г.

**1. Объект испытания:** Программная подсистема проведения масштабируемых вычислений в задачах многоуровневого моделирования процессов деформирования и разрушения полимерных нанокомпозитов gcdfes\_dll\_MultiscaleSolver, разработанная в рамках распределенной вычислительной системы GCD*.*

**2. Цель испытания:** проверка соответствия объекта испытания требованиям пункта № 5.1.11 технического задания: в ходе экспериментальных исследований должно быть продемонстрировано соответствие результатов теоретических исследований и разработанных программных алгоритмов требованиям настоящего технического задания, в том числе должны быть проверены:

а) возможность проведения многоуровневых вычислений, объединяющих молекулярный и мезоуровни;

б) получение результатов моделирования деформирования и разрушения полимерных нанокомпозитов, содержащих асимметричные включения (короткие волокна, многостенные трубки или пластинчатые включения);

в) получение результатов использования технологий GCD, реализующей алгоритмы многоуровневой иерархически-вложенной гомогенизации квази-регулярных структур от нано- до макро-уровня, и не требующих сплошного сеточного покрытия расчетных областей структурного уровня;

г) возможности моделирования многоуровневых структур реальных полимерных материалов, включая морфологические особенности формирования надмолекулярной и мезо-структуры материалов.

**3. Дата начала испытания**: первое июня 2013 г.

**4. Дата окончания испытания**: тридцать первое августа 2013 г.

**5. Место проведения испытания:** МГТУ им. Н.Э. Баумана, НОЦ «Симплекс».

**6. Результаты испытания**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование  параметра | Ед. изм. | Номера пунктов | | Требования к параметру | | Измеренное значение | | |
| Программы испытаний | Методик испытаний | Номинальное значение | Предельное отклонение | Нормальные условия | Во время  воздействия | После воздействия |
| аварийное завершение работы программы и/или нештатное зацикливание вне зависимости от корректности исходных данных (несогласованность единиц измерения в исходных данных) | 0 - наблюдается  1 - не наблюдается | Б.4.4.1 | Б.6.3 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| наличие необработанной ситуации при поданных некорректных исходных данных (неверно поданы свойства материалов – заданы отрицательные значения) | 0 - наблюдается  1 - не наблюдается | Б.4.4.1 | Б.6.3 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| наличие необработанной ситуации при поданных корректных исходных данных (несоответствие типа КЭ в используемой КЭ сетке и в вычислительном алгоритме) | 0 - наблюдается  1 - не наблюдается | Б.4.4.1 | Б.6.3 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 |

**7. Замечания и рекомендации**

**8. Выводы**

8.1 Объект испытания «Программная подсистема проведения масштабируемых вычислений в задачах многоуровневого моделирования процессов деформирования и разрушения полимерных нанокомпозитов gcdfes\_dll\_MultiscaleSolver, разработанная в рамках распределенной вычислительной системы GCD»**,** *выдержал (не выдержал)* испытание по пункту № Б.6.3 Программы и методики экспериментальных исследований (643.02066434.00010-01 51 01).

8.2 Объект испытания«Программная подсистема проведения масштабируемых вычислений в задачах многоуровневого моделирования процессов деформирования и разрушения полимерных нанокомпозитов gcdfes\_dll\_MultiscaleSolver, разработанная в рамках распределенной вычислительной системы GCD»**,** соответствует *(не соответствует)* требованиям пункта № 5.1.11технического задания.

**Испытание проводили**

зам. директора А.П. Соколов

мл. науч. сотр. А.В. Мариненко

мл. науч. сотр. М.Н. Коряков

ст.науч.сотр. Ю.В. Шпакова

Техник С.В. Сборщиков

Техник Ю.В. Юрин

Техник Х.Ю. Балабанова

Техник К.В. Михайловский

Техник А.С. Строганов

Техник В.М. Макаренков

Техник А.С. Шевцов

**ПРОТОКОЛ**

**экспериментального исследования по пункту № Б.6.4**

Программы и методики экспериментальных исследований

№ *число число месяц в родительном падеже* 2013 г.

**1. Объект испытания:** Программная подсистема проведения масштабируемых вычислений в задачах многоуровневого моделирования процессов деформирования и разрушения полимерных нанокомпозитов gcdfes\_dll\_MultiscaleSolver, разработанная в рамках распределенной вычислительной системы GCD*.*

**2. Цель испытания:** проверка соответствия объекта испытания требованиям пунктов № 6.3.1, 9.1.1 технического задания:

6.3.1 требования к математическим и имитационным моделям.

9.1.1 технико-экономические требования к результатам НИР.

**3. Дата начала испытания**: первое июня 2013 г.

**4. Дата окончания испытания**: тридцать первое августа 2013 г.

**5. Место проведения испытания:** МГТУ им. Н.Э. Баумана, НОЦ «Симплекс».

**6. Результаты испытания**

| Наименование  параметра | Ед. изм. | Номера пунктов | | Требования к параметру | | Измеренное значение | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Программы испытаний | Методик испытаний | Номинальное значение | Предельное отклонение | Нормальные условия | Во время  воздействия | После воздействия |
| невозможность осуществить расчет с использованием программной подсистемы для многоуровневой модели композита с числом структурных уровней 10 | 0 - наблюдается отказ  1 - не наблюдается отказ | Б.4.4.2 | Б.6.4 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| невозможность осуществить расчет с использованием программной подсистемы полного комплекса компонент тензора модулей упругости с учетом возможной произвольной анизотропии материала на макроуровне, в количестве 21 компоненты | 0 - наблюдается отказ  1 - не наблюдается отказ | Б.4.4.2 | Б.6.4 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| невозможность осуществить расчет с использованием программной подсистемы в 6-тимерном пространстве напряжений на макро-уровне нелинейных диаграмм деформирования материала с учетом повреждаемости (микроразрушения), при режимах: простого одноосного нагружения и многоосного нагружения (гидростатическое давление – трехосное сжатие) | 0 - наблюдается отказ  1 - не наблюдается отказ | Б.4.4.2 | Б.6.4 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| невозможность осуществить расчет с использованием программной подсистемы в 6-тимерном пространстве напряжений: микроразрушения полимерных нанокомпозитов и предельного состояния (макро-прочности), при режимах: простого одноосного нагружения и многоосного нагружения (гидростатическое давление – трехосное сжатие) | 0 - наблюдается отказ  1 - не наблюдается отказ | Б.4.4.2 | Б.6.4 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| отсутствие различия при проведении моделирования процессов разрушения полимерных композиционных материалов с использованием программной подсистемы при растяжении и сжатии (выявление наличия допущения об инверсии прочности) | 0 - наблюдается отказ  1 - не наблюдается отказ | Б.4.4.2 | Б.6.4 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| отсутствие качественного совпадения (рассчитывается относительная погрешность) значений компонент тензора модулей упругости и технических упругих констант модели однонаправленно-армированных нанокомпозитов, рассчитанных с использованием программной подсистемы, при сравнении с эталонными значениями получаемыми с помощью модели Победри-Молькова для однонаправленно-армированных композитов | %  (относительная погрешность) | Б.4.4.2 | Б.6.4 | 5 | 3 | 3 | 4 | 3 |
| превышение погрешности порога в 1% между значениями компонент тензора модулей упругости и техническими упругими константами модели композита, рассчитанными с использованием программной подсистемы, и требуемыми значениями | %  (относительная погрешность) | Б.4.4.2 | Б.6.4 | 0,8 | 0,2 | 1 | 1 | 1 |
| невозможность обеспечить графическое представление результатов расчета с использованием программной подсистемы - пространственного распределения микромеханических полей на мезоуровне | 0 – нет возможности,  1 - возможность есть | Б.4.4.2 | Б.6.4 | 1 | 0 | 1 | - | - |
| невозможность представления результатов моделирования микромеханических полей на мезоуровне с количеством 3D конечных элементов до 10 000 000 | Ед. в миллионах (количество КЭ) | Б.4.4.2 | Б.6.4 | 8 | 2 | 10 | 10 | - |
| сокращение общего времени на проведение расчета свойств композиционных материалов за счет использования программной подсистемы менее чем в 5 раз при использовании технологии OpenMP при задействовании многопроцессорной техники с общей памятью (Приложение Б п.Б.3,Б.4 ПМЭИ) | Ед.  (количество раз) | Б.4.4.2 | Б.6.4 | 3 | 2 | 3 | 5 | - |
| невозможность осуществить расчет с использованием программной подсистемы для расчетной модели с числом конечных элементов в конечно-элементной аппроксимации более 10 миллионов конечных элементов (для 1-го масштабного уровня) и до 12 миллионов элементов | Ед. в миллионах (количество КЭ) | Б.4.4.2 | Б.6.4 | 10 | 2 | 3 | 12 | - |
| невозможность построить модель полимерного нанокомпозита с числом различных масштабных структурных уровней более 5 в программной подсистеме и до 10 | Ед. (количество структурных уровней) | Б.4.4.2 | Б.6.4 | 3 | 2 | 3 | 10 | - |
| превышение относительной погрешности порога 1.0E-5 при численном решении СЛАУ большой размерности (не менее 10 млн. уравнений), возникающей при решении локальной задачи микромеханики композитов методом гомогенизации, реализованном в программной подсистеме при ограничении по времени счета в 5 часов при использовании оборудования начального уровня согласно Приложение Б ПМЭИ | час  (время счета) | Б.4.4.2 | Б.6.4 | 3 | 2 | 4 | 5 | 4 |
| превышение времени решения одной локальной линеаризованной задачи для 1-го структурного уровня для сетки с числом конечных элементов не менее 10 млн. порога в 1 час при использовании оборудования начального уровня согласно ПМЭИ | мин. | Б.4.4.2 | Б.6.4 | 45 | 15 | 45 | 60 | 45 |

**7. Замечания и рекомендации**

**8. Выводы**

8.1 Объект испытания «Программная подсистема проведения масштабируемых вычислений в задачах многоуровневого моделирования процессов деформирования и разрушения полимерных нанокомпозитов gcdfes\_dll\_MultiscaleSolver, разработанная в рамках распределенной вычислительной системы GCD»**,** *выдержал (не выдержал)* испытание по пункту № Б.6.4 Программы и методики экспериментальных исследований (643.02066434.00010-01 51 01).

8.2 Объект испытания«Программная подсистема проведения масштабируемых вычислений в задачах многоуровневого моделирования процессов деформирования и разрушения полимерных нанокомпозитов gcdfes\_dll\_MultiscaleSolver, разработанная в рамках распределенной вычислительной системы GCD»**,** соответствует *(не соответствует)* требованиям пунктов № 6.3.1., 9.1.1технического задания.

**Испытание проводили**

зам. директора А.П. Соколов

мл. науч. сотр. А.В. Мариненко

мл. науч. сотр. М.Н. Коряков

ст.науч.сотр. Ю.В. Шпакова

Техник С.В. Сборщиков

Техник Ю.В. Юрин

Техник Х.Ю. Балабанова

Техник К.В. Михайловский

Техник А.С. Строганов

Техник В.М. Макаренков

Техник А.С. Шевцовы

**ПРОТОКОЛ**

**экспериментального исследования по пункту № Б.6.5**

Программы и методики экспериментальных исследований

№ *число число месяц в родительном падеже* 2013 г.

**1. Объект испытания:** Программная подсистема проведения масштабируемых вычислений в задачах многоуровневого моделирования процессов деформирования и разрушения полимерных нанокомпозитов gcdfes\_dll\_MultiscaleSolver, разработанная в рамках распределенной вычислительной системы GCD*.*

**2. Цель испытания:** проверка соответствия объекта испытания требованиям пунктов № 6.1, 6.2 технического задания:

6.1 Требования по назначению научно-технических результатов.

6.2 Требования к показателям назначения, техническим характеристикам научно-технических результатов НИР.

**3. Дата начала испытания**: первое июня 2013 г.

**4. Дата окончания испытания**: тридцать первое августа 2013 г.

**5. Место проведения испытания:** МГТУ им. Н.Э. Баумана, НОЦ «Симплекс».

**6. Результаты испытания**

| Наименование  параметра | Ед. изм. | Номера пунктов | | Требования к параметру | | Измеренное значение | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Программы испытаний | Методик испытаний | Номинальное значение | Предельное отклонение | Нормальные условия | Во время  воздействия | После воздействия |
| невозможность проведения численного эксперимента на высокопроизводительных многопроцессорных вычислительных системах (должно быть задействовано оборудование: п.Б.4 Приложения Б ПМЭИ) | 0 - наблюдается,  1 - не наблюдается | Б.4.7 | Б.6.5 | 1 | 0 | 1 | - | - |
| невозможность проведения численного эксперимента на системах начального уровнях (персональных компьютерах, поддерживающих технологию CUDA) | 0 - наблюдается,  1 - не наблюдается | Б.4.7 | Б.6.5 | 1 | 0 | 1 | - | - |
| невозможность проведения численного эксперимента на высокопроизводительных многопроцессорных вычислительных системах по моделированию процессов деформирования и разрушения полимерных нанокомпозитов, содержащих асимметричные включения (короткие волокна, многостенные трубки или пластинчатые включения), на основе разработанной технологии GCD для многопроцессорных вычислительных систем | 0 - наблюдается отказ  1 - не наблюдается отказ | Б.4.4.2 | Б.6.4 | 1 | 0 | 1 | - | - |
| отсутствие в программной подсистеме реализации метода многоуровневой иерархически-вложенной гомогенизации квазирегулярных полимерных структур от нано- до макро- уровня, учитывающего сложные морфологические структуры моделей реальных наноструктурированных материалов | 0 - метод не реализован,  1- метод реализован | Б.4.7 | Б.6.5 | 1 | 0 | 1 | - | - |
| отсутствие в программной подсистеме реализации алгоритмов многоуровневого моделирования деформационно-прочностных свойств нанокомпозитов | 0 - отсутствует,  1 - реализация присутствует | Б.4.7 | Б.6.5 | 1 | 0 | 1 | - | - |
| отсутствие в программной подсистеме реализации метода и алгоритмов многоуровневой иерархически-вложенной гомогенизации (МИГ) | 0 - метод не реализован,  1- метод реализован | Б.4.7 | Б.6.5 | 1 | 0 | 1 | - | - |

**7. Замечания и рекомендации**

**8. Выводы**

8.1 Объект испытания «Программная подсистема проведения масштабируемых вычислений в задачах многоуровневого моделирования процессов деформирования и разрушения полимерных нанокомпозитов gcdfes\_dll\_MultiscaleSolver, разработанная в рамках распределенной вычислительной системы GCD»**,** *выдержал (не выдержал)* испытание по пункту № Б.6.5 Программы и методики экспериментальных исследований (643.02066434.00010-01 51 01).

8.2 Объект испытания«Программная подсистема проведения масштабируемых вычислений в задачах многоуровневого моделирования процессов деформирования и разрушения полимерных нанокомпозитов gcdfes\_dll\_MultiscaleSolver, разработанная в рамках распределенной вычислительной системы GCD»**,** соответствует *(не соответствует)* требованиям пунктов № 6.1, 6.2технического задания.

**Испытание проводили**

зам. директора А.П. Соколов

мл. науч. сотр. А.В. Мариненко

мл. науч. сотр. М.Н. Коряков

ст.науч.сотр. Ю.В. Шпакова

Техник С.В. Сборщиков

Техник Ю.В. Юрин

Техник Х.Ю. Балабанова

Техник К.В. Михайловский

Техник А.С. Строганов

Техник В.М. Макаренков

Техник А.С. Шевцов

**ПРОТОКОЛ**

**экспериментального исследования по пункту № Б.6.6**

Программы и методики экспериментальных исследований

№ *число число месяц в родительном падеже* 2013 г.

**1. Объект испытания:** Программная подсистема проведения масштабируемых вычислений в задачах многоуровневого моделирования процессов деформирования и разрушения полимерных нанокомпозитов gcdfes\_dll\_MultiscaleSolver, разработанная в рамках распределенной вычислительной системы GCD*.*

**2. Цель испытания:** проверка соответствия объекта испытания требованиям пункта № 6.3.2.1 технического задания: создаваемая программная реализация метода и алгоритмов многоуровневой иерархически-вложенной гомогенизации квазирегулярных полимерных структур от нано- до макро- уровня должна осуществлять:

1) проведение расчетов полимерных композитов, как на вычислительных системах начального уровня производительности (ПК с поддержкой технологий распараллеливания на GPU), так и на высокопроизводительных вычислительных комплексах с поддержкой технологий MPI, OpenMP, CUDA;

2) возможность проведение молекулярно-динамических расчетов на системах до 1000000 атомов и моделирования микромеханических полей на мезоуровне с количеством 3D конечных элементов до 10000000;

3) графическое представление рассматриваемых систем, пространственного распределения смещений на молекулярном уровне и микромеханических полей на мезоуровне;

поддержку основных стандартов представления молекулярных структур (форматы pdb, mol и т.д.) и файлов для графического отображения микромеханических полей и структуры материала на мезоуровне (формат VTK);

4) поддержку форматов представления исходных данных постановок вычислительных задач поиска эффективных характеристик исследуемых композиционных материалов системы GCD (.tsk, .bc, .sld, .ini);

5) поддержку форматов представления математических моделей и используемых численных методов, обеспечивающих проведение расчета в системе GCD (.xdbt).

**3. Дата начала испытания**: первое июня 2013 г.

**4. Дата окончания испытания**: тридцать первое августа 2013 г.

**5. Место проведения испытания:** МГТУ им. Н.Э. Баумана, НОЦ «Симплекс».

**6. Результаты испытания**

| Наименование  параметра | Ед. изм. | Номера пунктов | | Требования к параметру | | Измеренное значение | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Программы испытаний | Методик испытаний | Номинальное значение | Предельное отклонение | Нормальные условия | Во время  воздействия | После воздействия |
| невозможность осуществить расчет с использованием программной подсистемы методом многоуровневой иерархически-вложенной гомогенизации полимерных структур на вычислительных системах начального уровня производительности  (должно быть задействовано оборудование: п.Б.2, Приложения Б ПМЭИ)) | 0 – нет возможности,  1 - возможность есть | Б.4.8 | Б.6.6 | 1 | 0 | 1 | - | - |
| невозможность осуществить расчет с использованием программной подсистемы методом многоуровневой иерархически-вложенной гомогенизации полимерных структур на высокопроизводительных вычислительных комплексах (должно быть задействовано оборудование: п.Б.3 или п.Б.4, Приложения Б ПМЭИ)) | 0 – нет возможности,  1 - возможность есть | Б.4.8 | Б.6.6 | 1 | 0 | 1 | - | - |
| невозможность осуществить расчет с использованием программной подсистемы на системах до 1 000 000 атомов (для молекулярно-динамических расчетов) | 0 – нет возможности,  1 - возможность есть | Б.4.8 | Б.6.6 | 1 | 0 | 1 | - | - |
| невозможность осуществить расчет с использованием программной подсистемы моделирования микромеханических полей на мезоуровне с количеством 3D конечных элементов до 10 000 000 (для конечно-элементных расчетов) | 0 – нет возможности,  1 - возможность есть | Б.4.8 | Б.6.6 | 1 | 0 | 1 | - | - |
| отсутствие поддержки в программной подсистеме основных форматов представления результатов моделирования (MV, RDB, csv) | 0-поддержка отсутствует,  1 - поддержка есть | Б.4.8 | Б.6.6 | 1 | 0 | 1 | - | - |
| отсутствие поддержки в программной подсистеме форматов представления постановок задач (TSK) | 0-поддержка отсутствует,  1 - поддержка есть | Б.4.8 | Б.6.6 | 1 | 0 | 1 | - | - |
| отсутствие поддержки в программной подсистеме форматов представления математических моделей и используемых численных методов (XDBT) | 0-поддержка отсутствует,  1 - поддержка есть | Б.4.8 | Б.6.6 | 1 | 0 | 1 | - | - |

**7. Замечания и рекомендации**

**8. Выводы**

8.1 Объект испытания «Программная подсистема проведения масштабируемых вычислений в задачах многоуровневого моделирования процессов деформирования и разрушения полимерных нанокомпозитов gcdfes\_dll\_MultiscaleSolver, разработанная в рамках распределенной вычислительной системы GCD»**,** *выдержал (не выдержал)* испытание по пункту № Б.6.6 Программы и методики экспериментальных исследований (643.02066434.00010-01 51 01).

8.2 Объект испытания«Программная подсистема проведения масштабируемых вычислений в задачах многоуровневого моделирования процессов деформирования и разрушения полимерных нанокомпозитов gcdfes\_dll\_MultiscaleSolver, разработанная в рамках распределенной вычислительной системы GCD»**,** соответствует *(не соответствует)* требованиям пункта № 6.3.2.1технического задания.

**Испытание проводили**

зам. директора А.П. Соколов

мл. науч. сотр. А.В. Мариненко

мл. науч. сотр. М.Н. Коряков

ст.науч.сотр. Ю.В. Шпакова

Техник С.В. Сборщиков

Техник Ю.В. Юрин

Техник Х.Ю. Балабанова

Техник К.В. Михайловский

Техник А.С. Строганов

Техник В.М. Макаренков

Техник А.С. Шевцов

**ПРОТОКОЛ**

**экспериментального исследования по пункту № Б.6.7**

Программы и методики экспериментальных исследований

№ *число число месяц в родительном падеже* 2013 г.

**1. Объект испытания:** Программная подсистема проведения масштабируемых вычислений в задачах многоуровневого моделирования процессов деформирования и разрушения полимерных нанокомпозитов gcdfes\_dll\_MultiscaleSolver, разработанная в рамках распределенной вычислительной системы GCD*.*

**2. Цель испытания:** проверка соответствия объекта испытания требованиям пункта № 6.3.2.2 технического задания: программная реализация разработанных вычислительных алгоритмов должна:

1) быть построена с применением технологий ведения разработки в распределенной вычислительной системе GCD.

2) включать в себя реализации численных схем созданных математических моделей;

3)иметь возможность функционировать на суперкомпьютерах с общей памятью;

4) быть выполнена на языке C/C++ с применением стандартных библиотек: STL, Boost;

5) иметь модульную структуру:

а) каждый модуль должен быть оформлен в виде автоматически подключаемой библиотеки позднего связывания в соответствии с технологиями ведения разработки системы GCD на базе специализированных шаблонов (VSP, VLB);

б) состав модулей должен быть определен на этапе выбора направления исследований и теоретических исследований поставленных перед НИР задач.

**3. Дата начала испытания**: первое июня 2013 г.

**4. Дата окончания испытания**: тридцать первое августа 2013 г.

**5. Место проведения испытания:** МГТУ им. Н.Э. Баумана, НОЦ «Симплекс».

**6. Результаты испытания**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование  параметра | Ед. изм. | Номера пунктов | | Требования к параметру | | Измеренное значение | | |
| Программы испытаний | Методик испытаний | Номинальное значение | Предельное отклонение | Нормальные условия | Во время  воздействия | После воздействия |
| невозможность автоматической интеграции в РВС GCD испытуемой программной подсистемы | 0 - интеграция невозможна,  1 – интеграция возможна | Б.4.9 | Б.6.7 | 1 | 0 | 1 | - | - |
| невозможность осуществить расчет с использованием программной подсистемы на суперкомпьютере с общей памятью (должно быть задействовано оборудование: п.Б.3 или п.Б.4, Приложения Б ПМЭИ) | 0 - невозможность,  1-возможность | Б.4.9 | Б.6.7 | 1 | 0 | 1 | - | - |
| выявление зависимости исходного текста программной подсистемы от сторонних библиотек кроме STL, Boost и/или реализации отдельных компонент или всей программной подсистемы на языке программирования отличном от С++ | 0 - зависимость выявлена,  1 - зависимость не выявлена | Б.4.9 | Б.6.7 | 1 | 0 | 1 | - | - |

**7. Замечания и рекомендации**

**8. Выводы**

8.1 Объект испытания «Программная подсистема проведения масштабируемых вычислений в задачах многоуровневого моделирования процессов деформирования и разрушения полимерных нанокомпозитов gcdfes\_dll\_MultiscaleSolver, разработанная в рамках распределенной вычислительной системы GCD»**,** *выдержал (не выдержал)* испытание по пункту № Б.6.7 Программы и методики экспериментальных исследований (643.02066434.00010-01 51 01).

8.2 Объект испытания«Программная подсистема проведения масштабируемых вычислений в задачах многоуровневого моделирования процессов деформирования и разрушения полимерных нанокомпозитов gcdfes\_dll\_MultiscaleSolver, разработанная в рамках распределенной вычислительной системы GCD»**,** соответствует *(не соответствует)* требованиям пункта № 6.3.2.2технического задания.

**Испытание проводили**

зам. директора А.П. Соколов

мл. науч. сотр. А.В. Мариненко

мл. науч. сотр. М.Н. Коряков

ст.науч.сотр. Ю.В. Шпакова

Техник С.В. Сборщиков

Техник Ю.В. Юрин

Техник Х.Ю. Балабанова

Техник К.В. Михайловский

Техник А.С. Строганов

Техник В.М. Макаренков

Техник А.С. Шевцов

1. По результатам приемочных испытаний [↑](#footnote-ref-1)