

**Абрамов Олег Леонидович,**

студент кафедры «Вычислительные машины и комплексы»,  
ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,  
e-mail: impish.7@mail.ru

**Быстров Александр Иванович,**

студент кафедры «Вычислительные машины и комплексы»,  
ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,  
e-mail: alex-bstrv@yandex.ru

**Кривов Максим Викторович,**

к.т.н., доцент, заведующий кафедрой «Вычислительные машины и комплексы»,  
ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,  
e-mail: vmk@angtu.ru

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СХЕМЫ КОМПЬЮТЕРНОЙ МОДЕЛИ КОТЛОАГРЕГАТА БКЗ-160-100Ф**

**Abramov O.L., Bystrov A.I., Krivov M.V.**

## **RESEARCH OF THE EFFICIENCY OF THE COMPUTATIONAL SCHEME OF THE COMPUTER MODEL OF THE BOILER UNIT BKZ-160-100F**

**Аннотация:** Рассмотрена зависимость процесса ускорения тренажерной модели котлоагрегата от ресурсов вычислительной системы, а также потенциал такого ускорения на аппаратной платформе с процессором IntelCore®i7-1165G7.

**Ключевые слова:** вычислительная мощность симулятора, распределение ресурсов компьютера, оптимизация алгоритмов ускорения технологического процесса.

**Abstract:** The dependence of the acceleration process on the resources of the computing system and the potential of such acceleration based on IntelCore® i-71165G7processors are considered.

**Keywords:** computing power of the simulator, distribution of computer resources, optimization of algorithms for accelerating the technological process.

Одним из важных свойств в тренажерной модели, которая используется для разработки компьютерных тренажеров для обучения операторов, является возможность масштабировать время, то есть ускорять или замедлять процесс симуляции. Ускорение времени позволяет пользователю тренажера ускорить выполнение длительных технологических процедур на симуляторе и сделать занятие на тренажере более плодотворным. Однако, именно процесс ускорения времени в тренажерной модели может породить дефицит ресурсов вычислительной системы. Важным обстоятельством является организация расчетной схемы численных методов моделирования, поскольку большинство уравнений, входящих в состав математического описания процесса, обладают определенной «жесткостью» и манипуляции с шагом вычисления не дают полного управления скоростью процесса вычислений модели. Актуальным является комплексный подбор шага вычислений, совместно с применением методов распараллеливания вычислений.

Кафедрами ВМК и АТП Ангарского Государственного Технического Университета разработана компьютерная модель котлоагрегата БКЗ-160-100Ф, который эмулирует крупнотоннажные котлы для производства пара, для нужд отопления населённых пунктов и производства. Из-за крупнотоннажности и огромной инерционности такого класса оборудования актуальной задачей явля-

ется выбор шага интегрирования наряду с выбором схемы распараллеливания операций интегрирования дифференциальных уравнений.

В работе ставится задача провести анализ эффективности моделирования котла с точки зрения возможности обеспечить необходимую скорость расчетов без перегрузки процессора.

Особенность компьютерной модели котлоагрегата БКЗ-160-100Ф заключается в необходимости моделировать большое количество арматуры, узлов и промежуточных технологических объектов. Все это требует большой вычислительной нагрузки на центральный процессор.

Авторами было произведено исследование: измерено среднее значение загрузки процессора при моделировании котлоагрегата с однократным, пятикратным и десятикратным коэффициентом ускорения. Были определены запасы ресурсов, чтобы вычислительная система не ушла в зону перегрузки и не нарушала масштаб заданного времени.

Тест производительности проведен следующим образом: в итеративном блоке кода, вычисляющем математическую модель процесса, был внедрен механизм подсчета тактов центрального процессора, требуемых для вычисления модели на одном шаге цикла. Каждый раз, когда активировался вычислительный метод, вычислялось плавающее среднее в 5-ти секундном интервале. Далее, накопленное среднее записывалось в файл. Накопление значений выполнялось при скоростях моделирования  $\times 1$ ,  $\times 5$ ,  $\times 10$ .

На рисунке 1 приведён график полученных результатов наблюдений, где показана нагрузка на центральный процессор, которая вызывается моделью, включающая модели задвижек, объектов и трех котлов.

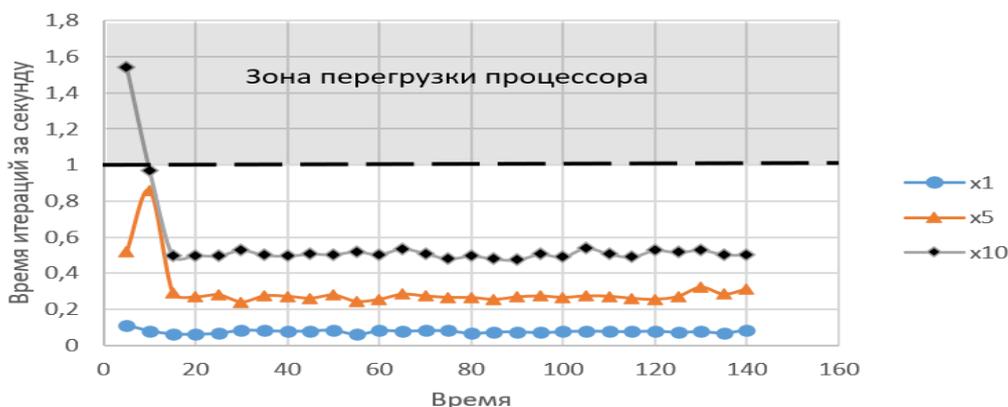


Рисунок 1.

Анализ показывает, что вычислительная схема модели подобрана оптимально для процессоров серии Intel Core® i7-1165G7 с 4 ядрами и частотой 2.80 ГГц. Было выяснено, что ускорение в 10 раз является оптимальным, но не максимально возможным - существует определенный запас, который позволяет ускорить масштаб времени еще примерно в 15 раз, однако следует учитывать соразмерность потоков, по которым распределяются вычислительные операции, а также работу в фоновом режиме и многопоточность с другими приложениями.