

БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
Факультет информационных технологий и робототехники  
Кафедра «Программное обеспечение информационных систем и технологий»

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой

 Ю.В. Полозков  
(подпись) (инициалы и фамилия)

« 09 » 06 2022 г.

РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА

«Оптимизация внутренней структуры легковесных деталей на основе  
кластерного анализа»

Специальность 1-40 05 01 «Информационные системы и технологии (по  
направлениям)»

Направление специальности 1-40 05 01-01 «Информационные системы и технологии  
(в проектировании и производстве)»

Обучающийся

группы 10702318  
(номер)

Руководитель


Консультанты:

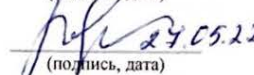
по компьютерному проектированию


по разделу «Охрана труда»

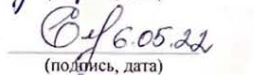
по разделу «Экономика»

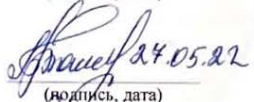
Ответственный за нормоконтроль

 06.05.22 А.А. Чваньков  
(подпись, дата)

 27.05.22 И.Л. Ковалева  
(подпись, дата)

 27.05.22 И.Л. Ковалева  
(подпись, дата)

 06.05.22 Е.В. Мордик  
(подпись, дата)

 24.05.22 Л.В. Бутор  
(подпись, дата)

 01.06.22 Е.А. Шваякова  
(подпись, дата)

Объем проекта:

расчетно-пояснительная записка 70 страниц;

графическая часть – 6 листов;

магнитные (цифровые) носители 1 единиц.

Минск 2022

## РЕФЕРАТ

### КЛАСТЕРНЫЙ АНАЛИЗ, ЛЕГКОВЕСНЫЕ ДЕТАЛИ, АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, 3D-ПЕЧАТЬ

Объектом исследования является процесс оптимизации внутренней структуры легковесных деталей.

Цель проекта – снижение материалоемкости проектируемых деталей.

Объектом разработки является метод для кластеризации ячеистых структур.

В ходе дипломного проекта была изучена предметная область, а также процессы изготовления легковесных деталей. Для улучшения процесса изготовления легковесных деталей была спроектирована программа для автоматизации подбора оптимального размера ячеек для уменьшения материалоемкости деталей, которая включает в себя программный модуль кластеризации точек в пространстве, а также функции для создания ячеек и получения информации о их местоположении. Была проведена работа по реализации алгоритма кластеризации “спектр” и его адаптация для кластеризации ячеек.

Технико-экономическое обоснование разработки и использования программного модуля показало целесообразность его внедрения.

Областью возможного практического применения является предприятие, которое занимается изготовлением деталей с помощью аддитивных технологии.

Студент-дипломник подтверждает, что приведенный в дипломном проекте расчетно-аналитический материал объективно отражает состояние исследуемого процесса (разрабатываемого объекта), все заимствованные из литературных и других источников теоретические и методологические положения и концепции сопровождаются ссылками на их авторов.

Дипломный проект: 70с., 35 рис., 17 табл., источников.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛЕТЕРАТУРЫ

- 1 Полозков, Ю. В. Подход к классификации ячеек и ячеистых структур для использования в проектировании легковесных деталей / Ю. В. Полозков, И. П. Климович // Наука – образованию, производству, экономике : материалы 15-й Международной научно-технической конференции. - Минск : БНТУ, 2017. – С. 325.
- 2 Быков, А. Н. Программа для топологической оптимизации конструкций с использованием ячеистых (решётчатых) структур / Быков А.Н., Попов В.В., Сеницин Е.А., Дьянов Д.Ю., Медведкина М.В. – Саров, 2018. Режим доступа: <http://.book.sarov.ru/wp-content/uploads/2020/02/Supercomputing-17-2018-14.pdf> – Дата доступа: 25.05.2022
- 3 Качаев, А. А. Перспективы применения аддитивных технологий для получения керамических материалов / А.А. Качаев., А.С. Чайникова. // Аддитивные технологии: настоящее и будущее: материалы 7-й Международной конференции. – Москва, 2021. Режим доступа: <https://conf.viam.ru/sites/default/files/uploads/proceedings/1417.pdf> – Дата доступа: 25.05.2022
- 4 Аддитивные технологии и аддитивное производство [Электронный ресурс] – М., 2018. – Режим доступа: [https://3d.globatek.ru/world3d/additive\\_tech/](https://3d.globatek.ru/world3d/additive_tech/). – Загл. с экрана.
- 5 Валетов, В. А. Аддитивные технологии (состояние и перспективы): учебн. пособие /В.А. Валетов. – СПб.: Университет ИТМО, 2015, – 63с
- 6 Качаев, А. А. Перспективы применения аддитивных технологий для получения керамических материалов / А.А. Качаев., А.С. Чайникова. // Аддитивные технологии: настоящее и будущее: материалы 7-й Международной конференции. – Москва, 2021. Режим доступа: <https://conf.viam.ru/sites/default/files/uploads/proceedings/1417.pdf> – Дата доступа: 25.05.2022
- 7 Чехович, А. О. Топологическая оптимизация геометрии изделия как путь повышения прибыльности предприятия / А.О. Чехович. // Журнал «Аддитивные технологии». – Москва, 2022. – Режим доступа: <https://additiv-tech.ru/publications/topologicheskaya-optimizaciya-geometrii-izdeliya-kak-put-povysheniya-pribylnosti> – Дата доступа: 25.05.2022
- 8 Быков, А. Н. Программа для топологической оптимизации конструкций с использованием ячеистых (решётчатых) структур / Быков А.Н., Попов В.В., Сеницин Е.А., Дьянов Д.Ю., Медведкина М.В. – Саров, 2018. Режим доступа:

- <http://.book.sarov.ru/wp-content/uploads/2020/02/Supercomputing-17-2018-14.pdf> –  
Дата доступа: 25.05.2022
- 9 Антонова, В. С. Аддитивные технологии: учебн. пособие / В.С. Антонова., И.И. Осовская. – СПб.: ВШТЭ СПбГУИТД., 2017. – 30 с.
- 10 Филатов, С. А. Аддитивные технологии: современное состояние и перспективы / С.А. Филатов – Минск, 2021. Режим доступа: <http://research.bsu.by/wp-content/uploads/2015/06/%D4%E8%EB%E0%F2%EE%E2-%D1%C0-%C0%E4%E4%E8%F2%E8%E2%ED%FB%E5-%F2%E5%F5%ED%EE%EB%EE%E3%E8%E8.pdf> – Дата доступа: 25.05.2022
- 11 Python.Net [Электронный ресурс] — Redmond, 2014. — Режим доступа: <http://pythonnet.github.io>
- 12 SolidWorks [Электронный ресурс] — Vélizy-Villacoublay, 2021. — Режим доступа: [https://help.solidworks.com/2019/english/SolidWorks/sldworks/c\\_solidworks\\_api.html](https://help.solidworks.com/2019/english/SolidWorks/sldworks/c_solidworks_api.html)
- 13 Часовских, А. П. Обзор алгоритмов кластеризации данных / А.П. Часовских. – Москва, 2015. Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/101338/> – Дата доступа: 25.05.2022
- 14 Воронцов, К. В. Алгоритмы кластеризации и многомерного шкалирования / К.В. Воронцов // Курс лекций. – Москва: МГУ, 2007.
- 15 Jain A. Data Clustering: A Review / A. Jain., M. Murty., P. Flynn. // ACM Computing Surveys. – Michigan, 1999. – 256 p.
- 16 Котов, А. А. Кластеризация данных / А.А. Котов., Н. В. Красильников. – Москва, 2006. – 16 с.
- 17 Мандель И. Д. Кластерный анализ / И.Д. Мандель — М.: Финансы и Статистика, 1988. – 176 с.
- 18 Айвзян, С. А. Прикладная статистика: классификация и снижение размерности. / С.А. Айвзян, В.М. Бухштабер, И.С. Енюков, Л.Д. Мешалкин — М.: Финансы и статистика, 1989. – 607 с.
- 19 Информационно-аналитический ресурс, посвященный машинному обучению, распознаванию образов и интеллектуальному анализу данных [Электронный ресурс] — Москва, 2018. Режим доступа: [www.machinelearning.ru](http://www.machinelearning.ru) . – Загл. с экрана.
- 20 Чубукова, И.А. Методы кластерного анализа. Иерархические методы / И.А. Чубукова. // Курс лекций «Data Mining» — Москва: ИНТУИТ, 2019. Режим доступа: [www.intuit.ru/departament/database/datamining](http://www.intuit.ru/departament/database/datamining) — Дата доступа: 25.05.2022

- 21 NumPy [Электронный ресурс] — Redmond, 2014. — Режим доступа:<https://numpy.org/doc/stable/>
- 22 Matplotlib 3.5.2[Электронный ресурс] — Chicago, 2014. — Режим доступа: [https://matplotlib.org/stable/users/getting\\_started/](https://matplotlib.org/stable/users/getting_started/)
- 23 Короткевич Л.М., Зеленковская Н.В., Комина Н.В., Бутор Л.В. Экономика и организация производства: пособие для студентов направления специальности 1-08-01 01-07. – Мн.: БНТУ, 2021. – 52 с.
- 24 Кодекс Республики Беларусь от 19.12.2002 п 166-з (ред. От 29.12.2020) "Налоговый кодекс Республики Беларусь (общая часть)".
- 25 Кодекс Республики Беларусь от 29.12.2009 № 71-3 (ред. от 15.01.2021) «Налоговый кодекс Республики Беларусь (Особенная часть)».
- 26 Трудовой кодекс Республики Беларусь от 26 июля 1999 г. № 296-з с изменениями и дополнениями [электронный ресурс]/ Принят Палатой представителей 8 июня 1999 года ; одобрен Советом Республики 30 июня 1999 года. Режим доступа: <https://etalonline.by/document/?regnum=hk9900296>.
- 27 Короткевич, Л. М. Экономика предприятия промышленности: пособие для слушателей системы повышения квалификации и переподготовки кадров по экономическим специальностям / Л.М.Короткевич; БНТУ, Филиал БНТУ «Институт повышения квалификации и переподготовки кадров по новым направлениям развития техники, технологии и экономики БНТУ». – Минск: БНТУ, 2015. – 117 с.
- 28 Бабук, А. М. Экономика промышленного предприятия: учеб.пособие/ И.М.Бабук, Т.А.Сахнович. – Минск: Новое знание: М.: ИНФРА-М,2013.- 439 с.: ил.- (Высшее образование).
- 29 Вершина, Г. А. Охрана труда: учебник / Г.А. Вершина., А. М. Лазаренков. — Минск: ИВЦ Минфина, 2017. — 512 с.
- 30 Репозиторий БНТУ[Электронный ресурс] — Минск, 2022. — Режим доступа: <http://rep.bntu.by/handle/data/48131>
- 31 Лазаренков, А. М. Охрана труда. Учебно-практическое пособие по расчетам в охране труда: электронное пособие / А.М. Лазаренков., Т.П. Кот., Е.В. Мордик., Л.П. Филянович. – Минск: Регистр. номер БНТУ/МТФ 35-42.2018. Зарегистрировано 04.05.2018. – 11,7 усл.эл.л.