

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

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой

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

« 01 » 06 2023 г.


РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА

«Программное средство автоматизации конструирования  
ячеистых структур многогранной формы  
на основе многовариантного инженерного анализа деталей»


Специальность 1-40 01 01 «Программное обеспечение информационных технологий»

Специализация 1-40 01 01 05 «Управление качеством и тестирование программного обеспечения»

Обучающийся  
группы 10701119

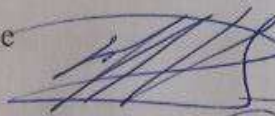
  
(подпись, дата) 19.05.2023 Д.В. Маканов

Руководитель

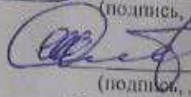
  
(подпись, дата) 30.05.23 Ю.В. Полозков

Консультанты:


по разделу «Компьютерное проектирование»

  
(подпись, дата) 30.05.23 Ю.В. Полозков

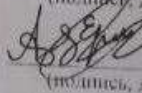
по разделу «Охрана труда»

  
(подпись, дата) 24.05.23 А.М. Лазаренков

по разделу «Экономика»

  
(подпись, дата) 20.05.23 Н.В. Комина

Ответственный за нормоконтроль

  
(подпись, дата) 30.05.23 А.В. Ермоленков

Объем проекта:

расчетно-пояснительная записка – 74 страниц;

графическая часть – 10 листов;

магнитные (цифровые) носители – 1 единиц.

Минск 2023

## РЕФЕРАТ

### SOLID WORKS, API SOLID WORKS, ИНЖЕНЕРНЫЙ АНАЛИЗ, ЯЧЕЙСТЫЕ СТРУКТУРЫ МНОГОГРАННОЙ ФОРМЫ, КОНЕЧНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

Объект исследования – процесс автоматизированного встраивания ячеистых структур в области минимальных допустимых нагрузок по результатам многовариантного инженерного анализа детали.

Предметом исследования является средства автоматизации получения результатов статического исследования детали для дальнейшего анализа с использованием функций пакета API SolidWorks, поиск допустимых областей встраивания ячеистых структур, кластеризация данных областей для упрощения выреза в детали, а также вырез ячеистых структур многогранных форм с помощью задания разных конфигураций выреза.

Цель работы – разработка программного средства автоматизации конструирования ячеистых структур многогранной формы на основе многовариантного инженерного анализа.

В процессе исследований были разработаны алгоритмы и программные средства автоматизации анализа данных, полученных после исследования детали в САПР-системе SolidWorks с использованием функций пакета API SolidWorks, алгоритмы кластеризации полученных областей, а также вырез областей различными способами.

Реализован алгоритм хранения результатов многократного статического исследования, в качестве которых выступает список областей для выреза в детали, список самих узлов и значений напряженно-деформированных параметров. Данный функционал даёт возможность без инженерного анализа детали вырезать данные области в этой же детали или выполнять алгоритм анализа геометрии детали в разные моменты времени с сохранением результатов анализа на каждой итерации алгоритма.

Для определения областей конструирования ячеистых структур разработаны алгоритмы поиска необходимых конечных элементов сетки по заданному напряженно-деформированному параметру узла их объединения. Также в работе используется алгоритм кластеризации на основе плотности точек с шумом.

Разработанная система может применяться для автоматизированного перепроектирования исходных монолитных деталей различного назначения в легковесные путем интеграции ячеистых структур многогранной формы, в том числе и формы “параллелепипед”, в области минимального допустимого нагружения детали, определенных на основании обработки результатов многократного статического исследования детали.

Дипломный проект: 74 с., 60 рис., 14 табл., 18 источников, 2 прил.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 САПР-система AutoCad [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.autodesk.com/products/autocad/overview?term=1-YEAR&tab=subscription> – Загл. с экрана. Дата доступа: 26.05.2023.
- 2 САПР-система FreeCad [Электронный ресурс] – Режим доступа <https://www.freecad.org/index.php?lang=ru> – Загл. с экрана. Дата доступа: 26.05.2023.
- 3 САПР-система ANSYS [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.ansys.com/> – Загл. с экрана. Дата доступа: 26.05.2023.
- 4 САПР-система SolidWorks [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.solidworks.com/> – Загл. с экрана. Дата доступа: 26.05.2023.
- 5 Bendsoe MP, Sigmund O. Topology optimization–theory, methods and applications. Springer; 2003.
- 6 Маканов, Д. В. Способ автоматизации конструирования ячеистых структур на основе линейных тетраэдральных конечных элементов сеточной модели детали / Д. В. Маканов, А. Д. Трубач ; науч. рук. Ю. В. Полозков // Цифровые технологии и бизнес [Электронный ресурс] : материалы 78-ой студенческой научно-технической конференции, Минск, 10 мая 2022 г. / сост. М. Г. Карасёва. – Минск : БНТУ, 2022. – С. 71-74.
- 7 Описание алгоритма DBSCAN [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://medium.com/codex/understanding-dbscan-clustering-hands-on-with-scikit-learn-a95cb27f0408> – Загл. с экрана. Дата доступа: 26.05.2023.
- 8 Реализация алгоритма DBSCAN с помощью библиотеки sklearn [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://scikit-learn.org/stable/modules/generated/sklearn.cluster.DBSCAN.html>– Загл. с экрана. Дата доступа: 26.05.2023.
- 9 Маканов, Д. В. Выбор алгоритма кластеризации для формирования внутренних областей в монолитных деталях / Д. В. Маканов; науч. рук. Ю. В. Полозков // Цифровые технологии и бизнес [Электронный ресурс] : материалы 79-ой студенческой научно-технической конференции, Минск, 11 мая 2023 г. / сост. М. Г. Карасёва. – Минск : БНТУ, 2023. – С. 71-73.
- 10 Документация по UWP [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://learn.microsoft.com/ru-ru/uwp/> – Загл. с экрана. Дата доступа: 26.05.2023.
- 11 Документация по SolidWorks API [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://help.solidworks.com/2023/English/api/sldworksapiproguide/Welcome.htm/> – Загл. с экрана. Дата доступа: 26.05.2023.
- 12 Документация по Microsoft Entity Framework Core[Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://learn.microsoft.com/en-us/ef/core/>– Загл. с экрана. Дата доступа: 26.05.2023.

13 Среднемесячная тарифная ставка первого разряда [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://myfin.by/wiki/term/tarifnaya-stavka-pervogo-razryada> – Загл. с экрана. Дата доступа: 26.05.2023.

14 Тарифы на электроэнергию для населения в Беларуси [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.energosbyt.by/by/>– Загл. с экрана. Дата доступа: 26.05.2023.

15 Среднее нормативное количество рабочих часов в месяце [Электронный ресурс] – Режим доступа: [http://mintrud.gov.by/system/extensions/spaw/uploads/flash\\_files/Peoizvodstvenny-kalendar-2021.pdf](http://mintrud.gov.by/system/extensions/spaw/uploads/flash_files/Peoizvodstvenny-kalendar-2021.pdf) – Загл. с экрана. Дата доступа: 26.05.2023.

16 Вершина Г.А. Охрана труда: учебник / Г.А. Вершина, А. М. Лазаренков. – Минск: ИВЦ Минфина, 2020. – 564 с.

17 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.

18 Лазаренков А.М., Фасевич Ю.Н. / Электронное издание: Пожарная безопасность. Учебное пособие по дисциплине «Охрана труда». – Минск: Регистрационный номер БНТУ/МТФ 35-16.2019. Зарегистрировано 06.03.2019. – 14,5 усл.эл.л.