

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

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой

  
Ю.В. Полозков  
инициалы и фамилия

« 03 » 06 2021 г.


РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА

«Проверка прочности опоры подъёмного крана на основе конечно-элементного моделирования»

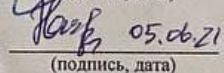
Специальность 1-40 05 01 «Информационные системы и технологии (по направлениям)»

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

Обучающаяся  
группы 10702417

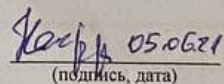
  
23.05.21  
(подпись, дата) В.В. Еднацевич

Руководитель

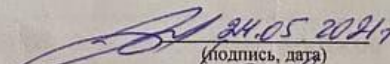
  
05.06.21  
(подпись, дата) В.В. Напрасников

Консультанты:

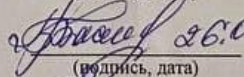
по компьютерному проектированию

  
05.06.21  
(подпись, дата) В.В. Напрасников


по разделу «Охрана труда»

  
24.05.2021  
(подпись, дата) Н.М. Журавков

по разделу «Экономика»

  
26.05.21  
(подпись, дата) Л.В. Бутор

Ответственный за нормоконтроль

  
21.05.2021  
(подпись, дата) Е.А. Шваякова

Объем проекта:

расчетно-пояснительная записка – 68 страниц;

графическая часть – 7 листов;

магнитные (цифровые) носители – 1 единиц.

Минск 2021

## РЕФЕРАТ

### ПРОВЕРКА ПРОЧНОСТИ ОПОРЫ ПОДЪЁМНОГО КРАНА НА ОСНОВЕ КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Объектом разработки является трёхмерная модель опоры подъёмного крана, кронштейна аутригера.

Цель проекта – спроектировать модель опоры подъёмного крана и оптимизировать полученные при расчётах данные для нахождения самого оптимального варианта по массе.

В ходе дипломного проектирования был проведен обзор систем автоматизированного проектирования, а также собрана полная трёхмерная геометрическая модель опоры подъёмного крана, кронштейна аутригераа, проведена оптимизация результатов.

Результатом дипломного проектирования является разработанная модель с минимальным показателем массы, относительно первоначальной опоры.

Возможно применение в составе рабочих мест конструкторов, осуществляющих автоматизированное проектирование кронштейнов аутригеров.

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

Дипломный проект: 68 с., 35 рис., 11 табл., 40 источников.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1           Метод конечных элементов [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://ansoft-maxwell.narod.ru/maxwell/FiniteElementAnalysis.htm>, свободный. – Загл. с экрана.
- 2           Система автоматизированного проектирования Pro/Engineer [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.russianengineering.narod.ru/engineering/proengineer.htm>, свободный. – Загл. с экрана.
- 3           Pro/Engineer [Электронный ресурс] – Режим доступа: [http://rucadcam.ru/publ/pro\\_engineer/proengineer/7-1-0-14](http://rucadcam.ru/publ/pro_engineer/proengineer/7-1-0-14), свободный. – Загл. с экрана.
- 4           FlexPDE. Общие сведения о системе [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.1024.ru/science/flexpde/flexpde.html>, свободный. – Загл. с экрана.
- 5           ANSYS. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/wiki/ANSYS>, свободный. – Загл. с экрана.
- 6           Обзор оптимизационных возможностей программы ANSYS. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.procae.ru/articles/ansys-multiphysics-/108-ansys-opt.html>, свободный. – Загл. с экрана.
- 7           Семенкин Е.С. и др. Эволюционные методы моделирования и оптимизации сложных систем. –Конспект лекций. - Красноярск: СФУ, 2007. - 310с.
- 8           Multiobjective Optimization and Control. / LiuG.P. [etc] // Research Studies PressLtd., 2003. 330 p.
- 9           Зеленков Ю. А. Метод многокритериальной оптимизации на основе приближенных моделей исследуемого объекта // Вычислительные методы и программирование. 2010. Т. 11, № 2. С. 92–102.
- 10          Fonseca, C. M. and Fleming, P. J. (1993) Genetic algorithms for multi-objective optimization: Formulation, discussion and generalization. In Forrest, S., editor, Proceedings of the Fifth International Conference on Genetic Algorithms, pages 416–423, Morgan Kauffman, San Mateo, California.
- 11          Fonseca, C. M. and Fleming, P. J. (1998) Multiobjective optimization and multiple constraint handling with evolutionary algorithms–Part II: Application example. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Part A: Systems and Humans. 38–47.
- 12          Deb, K. (1999) Multi-objective genetic algorithms: Problem difficulties and construction of test Functions. EvolutionaryComputation, 7(3), 205–230
- 13          Deb, K. A Fast Elitist Non-dominated Sorting Genetic Algorithm for Multi-objective Optimisation: NSGA-II. PPSN VI Proceedings of the 6th International

Conference on Parallel Problem Solving from Nature, pp 849-858, Springer-Verlag London, UK, 2000. ISBN:3-540-41056-2

14 A.Konak, D.W. Coit. A.E. Smith. Multi-objective optimization using genetic algorithms: A tutorial. Reliability Engineering and System Safety 91 (2006) 992-1007.

15 Гожий А.П. Многокритериальные эволюционные методы и алгоритмы в задачах принятия решений сценарного планирования. // Системные технологии. 2 (79) 2012. С.20-28.

16 Ansys.com – Официальный сайт компании ANSYS.

17 [Brochure optiS Langinside ANSYS Workbench](#)

18 ANSYS Help, Design Exploration User Guide.

19 Shapour Azar, Brian J. Reynolds, Sanjay Narayanan. Comparison of two multiobjective optimization techniques with and without genetic algorithms / 1999 ASME Design Engineering Technical Conferences.

20 A. Kurpati, S. Azarm and J.Wu. Constraint handling improvements for multiobjective genetic algorithms. Struct Multidisc Optim 23, 204–213/ Springer-Verlag 2002.

21 Wierzbicki AP A Quadratic Approximation Method Based on Augmented Lagrangian Functions for Nonconvex Nonlinear Programming Problems. IIASA Working Paper WP-78-061. 1978

22 Exler O., Schittkowsk K. (2007): A trust region SQP algorithm for mixed integer nonlinear programming, Optimization Letters, Vol 1, No 3, p. 269-280.

23 Напрасников В.В., Красновская С.В Влияние упрощающих предположений в конечно-элементных моделях компрессорно-конденсаторных агрегатов на спектр собственных частот. Системный анализ и прикладная математика.-2014.- № 1-3, с.51-55.

24 Напрасников В.В., Красновская С.В Обзор возможностей оптимизационных алгоритмов при моделировании конструкций компрессорно-конденсаторных агрегатов методом конечных элементов. Весці НАН Беларусі, серыя фізика-тэхнічных навук, №2,2016,с.92-99.

25 Санитарные нормы и правила «Требования при работе с видеодисплейными терминалами и электронно-вычислительными машинами», гигиенический норматив «Предельно-допустимые уровни нормируемых параметров при работах с видеодисплейными терминалами и электронно-вычислительными машинами» утверждённые постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь 28 июня 2013 №59.

26 Санитарные нормы и правила «Требования к микроклимату рабочих мест в производственных и офисных помещениях» и гигиенический норматив «Показатели микроклимата производственных и офисных помещений»,

утверждённые постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 30.04.2013г. №33

27 ТКП 339-2011.-Введ 01.12.11.- Минск: Минэнерго, 2011. -593с. Воздушные и токопроводы, устройства распределительные и трансформаторные подстанции, установки электросиловые и аккумуляторные, электроустановки жилых и общественных зданий. Правила устройства и защитные меры электробезопасности. Правила устройства и защитные меры электробезопасности. Учет электроэнергии. Нормы приемо-сдаточных испытаний.

28 ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ «Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны».

29 Санитарные нормы и правила «Требования к контролю воздуха рабочей зоны», гигиенический норматив «Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны», утверждённые постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 11.10.2017 №92.

30 СН 2.04.03-2020 Естественное и искусственное освещение.

31 Безопасность жизнедеятельности. Расчёт искусственного освещения. Методические указания к выполнению индивидуальных заданий для студентов дневного и заочного обучения всех направлений и специальностей ТПУ. – Томск: Изд. ТПУ, 2008. – 20 с.

32 Санитарные нормы, правила и гигиенические нормативы «Шум на рабочих местах, в транспортных средствах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки», утверждённые постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 16.11.2011г. №115.

33 СанПиН от 26.02.2013 №132 «Требования к производственной вибрации, вибрации в жилых помещениях, административных и общественных зданиях».

34 Эргономическое проектирование систем «человек–компьютер–среда». Курсовое проектирование : учеб.-метод. пособие / И. Г. Шупейко. – Минск : БГУИР, 2012. – 92 с.

35 ТКП 474-2013 Категорирование помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности, утверждённые постановлением МЧС РБ от 29.01.2013г №4.

36 Нормы оснащения первичными средствами пожаротушения помещений производственных и складских зданий, зданий сельскохозяйственного назначения и иных помещений, категорируемых по взрывопожарной опасности, утверждённые постановлением Министерством по чрезвычайным ситуациям РБ от 18 мая 2018 №35.

37 ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление и зануление.

- 38 ТКП 181-2009 (02230) Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей.
- 39 ТКП 427-2012 (02230) Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок.
- 40 ТКП 45-2.02-315-2018 Пожарная безопасность зданий и сооружений. Строительные нормы проектирования.