

Школа Инженерная школа ядерных технологий
 Направление подготовки 14.04.02 Ядерная физика и технологии
 Отделение школы (НОЦ) Отделение ядерно-топливного цикла

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Отработка процесса спекание углеродных таблеток с добавлением стеаратов

УДК 661.66'075.3-026.772:66.046.44

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0AM11	Третьякова Анастасия Владимировна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОЯТЦ ИЯТШ ТПУ	Видяев Д.Г.	Д.Т.Н., профессор		

Консультант (руководство ВКР на английском языке)

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Побережников А.Д.			

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП ТПУ	Спицына Л.Ю.	К.Э.Н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЯТЦ ИЯТШ ТПУ	Передерин Ю.В.	К.Т.Н., доцент		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Изотопные технологии и материалы	Видяев Д.Г.	Д.Т.Н., профессор		



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

School of Nuclear Science & Engineering

Field of training: 14.04.02 Nuclear Science and Technology

Specialization: Isotope technologies and materials

Nuclear Fuel Cycle Division

MASTER THESIS

Topic of research work
Development of the process of sintering carbon tablets with the addition of stearates

UDC 661.66'075.3-026.772:66.046.44

Student

Group	Full name	Signature	Date
0AM11	Tretyakova Anastasia Vladimirovna		

Scientific supervisor

Position	Full name	Academic degree, academic rank	Signature	Date
Professor NFCD SNSE TPU	Vidyaev D.G.	Sc.D., professor		

Advisers

Position	Full name	Academic degree, academic rank	Signature	Date
Senior Lecturer	Poberezhnikov A.D.			

ADVISERS:

Section «Financial Management, Resource Efficiency and Resource Saving»

Position	Full name	Academic degree, academic rank	Signature	Date
Associate Professor DSSH SBET TPU	Spitsyna L.Yu.	Ph.D., associate professor		

Section «Social Responsibility»

Position	Full name	Academic degree, academic rank	Signature	Date
Associate Professor NFCD SNSE TPU	Perederin Yu.V.	Ph.D., associate professor		

ADMITTED TO DEFENSE:

Program Director	Full name	Academic degree, academic rank	Signature	Date
Isotope technologies and materials	Vidyaev D.G.	Sc.D., professor		

РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код компетенции	Результаты освоения ООП (компетенции)
Универсальные	
УК(У)-1	Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, выработать стратегию действий
УК(У)-2	Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла
УК(У)-3	Способен организовывать и руководить работой команды, выработывая командную стратегию для достижения поставленной цели
УК(У)-4	Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном (-ых) языке (-ах), для академического и профессионального взаимодействия
УК(У)-5	Способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия
УК(У)-6	Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки
Общепрофессиональные	
ОПК(У)-1	Способен формулировать цели и задачи исследования, выбирать критерии оценки, выявлять приоритеты решения задач
ОПК(У)-2	Способен применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы
ОПК(У)-3	Способен оформлять результаты научно-исследовательской деятельности в виде статей, докладов, научных отчетов и презентаций с использованием систем компьютерной верстки и пакетов офисных программ
Профессиональные	
ПК(У)-1	Способен использовать фундаментальные законы в объеме достаточном для самостоятельного комбинирования и синтеза новых идей, творческого самовыражения
ПК(У)-2	Способен создавать новые методы расчета современных физических установок и устройств, разрабатывать методы и перспективные технологии
ПК(У)-3	Способен создавать математические и физические модели, описывающие процессы и явления в разделительных каскадах, установках разделения и тонкой очистки веществ, переработки и обезвреживания промышленных отходов
ПК(У)-4	Способен оценить перспективы развития ядерной отрасли, использовать её современные достижения и передовые технологии в научно-исследовательских работах
ПК(У)-5	Способен самостоятельно выполнять экспериментальные и теоретические исследования для решения научных и производственных задач с использованием современных приборов для научных исследований и математических методов расчета
ПК(У)-6	Способен провести расчет, концептуальную и проектную разработку современных физических установок и приборов
ПК(У)-7	Способен формулировать технические задания, использовать информационные технологии и пакеты прикладных программ при проектировании и расчете физических установок, использовать знания методов анализа эколого-экономической эффективности при проектировании и реализации проектов
ПК(У)-8	Способен к объективному анализу технических и расчетно-теоретических разработок, решений и проектов, учету их соответствия требованиям законов в области промышленности, экологии, технической, радиационной и ядерной безопасности, другим нормативным актам на российском и международном уровне, подготовить экспертное заключение
ПК(У)-9	Готовность к преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования и дополнительного профессионального образования (ДПО)
ПК(У)-10	Способен разрабатывать планы и программы организации инновационной деятельности, осуществлять технико-экономическое обоснование инновационных проектов, управлять программами освоения новой продукции и технологии

LEARNING OUTCOMES

Competence code	Competence name
Universal competences	
UC(U)-1	Ability to make critical analysis of problem-based situations using the systems analysis approach, and generate decisions and action plans.
UC(U)-2	Ability to run a project at all life-cycle stages.
UC(U)-3	Ability to organize and lead the teamwork and generate a team strategy to achieve the target goal.
UC(U)-4	Ability to use modern communication technologies to realize academic and professional interaction.
UC(U)-5	Ability to analyze and account for cultural diversity in the process of intercultural interaction.
UC(U)-6	Ability to set and pursue individual and professional activity priorities and ways to modify professional activity based on the self-esteem.
General professional competences	
GPC(U)-1	Ability to formulate goals and objectives of the research study, select assessment criteria, identify priorities for solving problems.
GPC(U)-2	Ability to apply modern research methods, evaluate and present the results of the performed research.
GPC(U)-3	Ability to present research outcomes in the form of articles, reports, scientific reports and presentations using computer layout systems and office software packages.
Professional competences	
PC(U)-1	Ability to use fundamental laws in a volume sufficient for independent combination and synthesis of new ideas, creative self-expression
PC(U)-2	Ability to create new methods for calculating modern physical installations and devices, develop methods and advanced technologies
PC(U)-3	Ability to create mathematical and physical models that describe processes and phenomena in separation cascades, installations for the separation and fine purification of substances, processing and neutralization of industrial waste
PC(U)-4	Ability to assess the prospects for the development of the nuclear industry, use its modern achievements and advanced technologies in research work
PC(U)-5	Ability to independently perform experimental and theoretical research to solve scientific and industrial problems using modern instruments for scientific research and mathematical calculation methods
PC(U)-6	Ability to carry out calculation, conceptual and design development of modern physical installations and devices
PC(U)-7	Ability to formulate terms of reference, use information technologies and application packages in the design and calculation of physical installations, use knowledge of methods for analyzing environmental and economic efficiency in the design and implementation of projects
PC(U)-8	Ability to objectively analyze technical and computational-theoretical developments, solutions and projects, taking into account their compliance with the requirements of laws in the field of industry, ecology, technical, radiation and nuclear safety, other regulations at the Russian and international level, prepare an expert opinion
PC(U)-9	Readiness for teaching activities in the main educational programs of higher education and additional professional education (APE)
PC(U)-10	Ability to develop plans and programs for the organization of innovative activities, carry out a feasibility study of innovative projects, manage programs for the development of new products and technologies

<p>Перечень графического материала</p>	<p>Графики:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Методы производства водорода 2. Структура аллотропных модификаций углерода 3. Слой атомов углерода при sp^2-гибридизации 4. Структурная формула стеарата никеля 5. Схема установки для фильтрации 6. Стеарат никеля, полученный в ходе реакции обмена 7. Смесь углерода и пластификатора 8. Пресс-форма для изготовления таблеток 9. Пресс Carver для изготовления таблеток 10. Синхронный термоанализатор SDT Q600 11. Кривые термического анализа стеарата натрия в аргоне 12. Кривые термического анализа стеарата никеля в аргоне 13. Кривые термического анализа технического углерода в аргоне 14. Схема нагрева 15. Тигль для нагрева образцов 16. График нагрева образцов смеси углерод+стеарат натрия до 500 °С с темпом 2 °С/мин 17. График нагрева образцов смеси углерод+стеарат никеля до 400 °С с темпом 2 °С/мин 18. График естественного остывания трубчатой печи при комнатной температуре 18 °С 19. Фотографии таблетки, изготовленной на основе состава №4 (углерод+стеарат натрия) при 60 МПа 20. Фотографии таблетки, изготовленной на основе состава №7 (углерод+стеарат никеля) при 60 МПа 21. Спектр рентгенофлуоресцентного анализа полученных после спекания таблеток со стеаратом никеля
---	---

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Доцент Отделения социально-гуманитарных наук, к.э.н. Спицына Л.Ю.
Социальная ответственность	Доцент Отделения ядерно-топливного цикла, к.т.н. Передерин Ю.В.

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	27.01.2023
---	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Видяев Д.Г.	д.т.н., профессор		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0AM11	Третьякова А.В.		

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

School of Nuclear Science & Engineering
Field of training: 14.04.02 Nuclear Science and Technology
Specialization: Isotope technologies and materials
Nuclear Fuel Cycle Division

APPROVED BY:
 Program Director
 _____ Vidyaev D.G
 « ____ » _____ 2023

ASSIGNMENT for the Graduation Thesis completion

In the form:

master's thesis

For a student:

Group	Full name
0AM11	Tretyakova Anastasia Vladimirovna

Topic of research work:

Development of the process of sintering carbon tablets with the addition of stearates	
Approved by the order of the Director of School of Nuclear Science & Engineering (date, number):	№ 27-77/C dated January 27, 2023

Deadline for completion of Master Thesis:	
---	--

TECHNICAL TASK:

Initial date for research work: <i>(the name of the object of research or design; performance or load; mode of operation (continuous, periodic, cyclic, etc.); type of raw material or material of the product; requirements for the product, product or process; special requirements to the features of the operation of the object or product in terms of operational safety, environmental impact, energy costs; economic analysis, etc.)</i>	The initial values of the main parameters and conditions for conducting research on the sorption properties of carbon systems are given.
List of the issues to be investigated, designed and developed <i>(analytical review of literary sources with the purpose to study global scientific and technological achievements in the target field, formulation of the research purpose, design, construction, determination of the procedure for research, design, and construction, discussion of the research work results, formulation of additional sections to be developed; conclusions).</i>	1) to analyze the properties of carbon materials used in the sorption of hydrogen and substances acting as plasticizers in the manufacture of tablets; 2) to determine the main factors influencing the mode of sintering of pellets from carbon materials; 3) make carbon tablets from press powders of various compositions and analyze them; 4) calculate economic costs and analyze social factors. Conclusion.

List of graphic material <i>(with an exact indication of mandatory drawings)</i>	Figure: <ol style="list-style-type: none"> 1. Hydrogen production methods 2. The structure of allotropic modifications of carbon 3. Layer of carbon atoms during sp^2 hybridization 4. Structural formula of nickel stearate 5. Scheme of installation for filtration 6. Nickel stearate obtained during the exchange reaction 7. A mixture of carbon and plasticizer 8. Compression mold for the manufacture of tablets 9. Carver tablet press 10. Synchronous thermal analyzer SDT Q600 11. Thermal analysis curves of sodium stearate in argon 12. Thermal analysis curves of nickel stearate in argon 13. Curves of thermal analysis of carbon black in argon 14. Heating scheme 15. Crucible for heating samples 16. Chart of heating samples of a mixture of carbon + sodium stearate to 500 °C at a rate of 2 °C / min 17. Graph of heating samples of a mixture of carbon + nickel stearate to 400 °C at a rate of 2 °C / min 18. Graph of natural cooling of a tube furnace at a room temperature of 18 °C 19. Photographs of a tablet made on the basis of composition No. 4 (carbon + sodium stearate) at 60 MPa 20. Photographs of a tablet made on the basis of composition No. 7 (carbon + nickel stearate) at 60 MPa 21. The spectrum of X-ray fluorescence analysis obtained after sintering tablets with nickel stearate
--	--

Advisors to the sections of the Master Thesis <i>(with indication of sections)</i>	
Section	Advisor
Financial management, resource efficiency and resource saving	Associate Professor of the Department of Social Sciences and Humanities, Ph.D. Spitsyna L.Yu.
Social Responsibility	Associate Professor of the Department of Nuclear Fuel Cycle, Ph.D. Perederin Yu.V.

Date of issuance of the assignment for Master Thesis completion according to the schedule	
---	--

Assignment issued by a scientific supervisor / advisor (if any):

Position	Full name	Academic degree, academic rank	Signature	Date
Professor NFCD SNSE TPU	Vidyaev D.G.	Sc.D., professor		

Assignment accepted for execution by a student:

Group	Full name	Signature	Date
0AM11	Tretyakova Anastasia Vladimirovna		

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа Инженерная школа ядерных технологий
Направление подготовки 14.04.02 Ядерная физика и технологии
Отделение школы (НОЦ) Отделение ядерно-топливного цикла

Форма представления работы:

Магистерская диссертация

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
27.01.2023	Выдача задания	10
14.02.2023	Подбор и изучение материалов по тематике	12
26.02.2023	Разработка календарного плана	7
1.03.2023	Обсуждение литературы	7
15.03.2023	Выбор исходных параметров	9
8.04.2023	Выбор методики проведения эксперимента	11
17.05.2023	Проведение эксперимента и изучение результатов	15
20.05.2023	Оформление расчетно-пояснительной записки	8
21.05.2023	Написание ВКР	6
05.06.2023	Сдача работы	15

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОЯТЦ ИЯТШ ТПУ	Видяев Дмитрий Геннадьевич	д.т.н., профессор		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОЯТЦ ИЯТШ ТПУ	Видяев Дмитрий Геннадьевич	д.т.н., профессор		

Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation
Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education

**«NATIONAL RESEARCH
TOMSK POLYTECHNICAL UNIVERSITY»**

School of Nuclear Science & Engineering
Field of training: 14.04.02 Nuclear Science and Technology
Specialization: Isotope technologies and materials
Nuclear Fuel Cycle Division

Work submission form:

Master thesis

**CALENDAR RATING PLAN
completion of the final qualifying work**

Deadline for student submission of completed work:	
--	--

Date control	Section (module) name / type of work (research)	Maximum section (module) score
27.01.2023	Issuing a task	10
14.02.2023	Selection and study of materials on the subject	12
26.02.2023	Development of the calendar plan	7
1.03.2023	Literature discussion	7
15.03.2023	Selection of initial parameters	9
8.04.2023	The choice of the method of conducting the experiment	11
17.05.2023	Conducting an experiment and studying the results	15
20.05.2023	Registration of a settlement and explanatory note	8
21.05.2023	writing final qualifying work	6
05.06.2023	Delivery of work	15

**COMPILED BY:
Scientific supervisor**

Position	Full name	Academic degree, academic rank	Signature	Date
Professor NFCD SNSE TPU	Vidyaev Dmitry Gennadievich	Sc.D., professor		

**AGREED:
Program Director**

Position	Full name	Academic degree, academic rank	Signature	Date
Professor NFCD SNSE TPU	Vidyaev Dmitry Gennadievich	Sc.D., professor		

Abstract

The final qualifying work contains: 116 pages, 24 figures, 36 tables, 44 references.

Key words: hydrogen fuel, carbon black, press powder, sodium stearate, nickel stearate, sintering, tableting.

The development of new methods for molding powders in order to obtain tablets with desired properties of density, porosity, and strength is an urgent problem in the development of materials for hydrogen storage.

The object of research is carbon, sodium stearate, nickel stearate, powders obtained by mixing carbon and plasticizers, tablets obtained by pressing powders with their further heating.

Purpose of the work: to determine the dependence of the porosity of tablets, based on carbon black, on the conditions for obtaining and the presence of excipients in the initial carbon powders.

The structure of the work: the final qualifying work consists of four parts.

The first part contains a review of various types of fuel, methods of hydrogen storage, an analysis of the properties of carbon materials used in hydrogen sorption; ways to provide a developed inner surface of tablets; substances acting as plasticizers in the manufacture of carbon tablets.

The second one presents a description of the preparation of press powders, as well as the conditions for fabrication and the properties of the obtained tablets.

The third part provides an economic calculation of the costs of the study, a calendar work plan is drawn up.

In the fourth, labor protection and safety precautions were considered during research work.

Table of contents

Introduction	15
1 Literature review	17
1.1 Hydrogen as an alternative energy source	17
1.1.1 Main properties of hydrogen.....	17
1.1.2 Hydrogen production	18
1.1.3 Hydrogen storage	23
1.2 Carbon and options for its use for sorption.....	27
1.3 Plasticizers. General requirements, their role and types.....	29
1.4 Parameters and conditions for the manufacture of tablets.....	34
1.4.1 Tablet manufacturing technology	34
1.4.2 Effect of various additives on the porosity of carbon pellets	36
1.4.3 Properties of nickel stearate	39
1.4.4 Effect of heat treatment on the parameters of carbon pellets	40
Chapter 1 Conclusion.....	43
2 Practical part.....	44
2.1 Composition of initial powders.....	44
2.2 Materials for the experiment.....	46
2.3 Press powder preparation	47
2.4 Tablet compression	48
2.5 Thermal analysis of carbon and plasticizers	50
2.6 Heating tablets.....	53
2.6.1 Preparing samples for heating.....	53
2.6.2 Heating samples in a tube furnace	55
2.6.3 Analysis of obtained samples	58

Chapter 2 Conclusion.....	62
3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение...	64
3.1 Предпроектный анализ	64
3.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	64
3.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	65
3.1.3 SWOT-анализ	69
3.2 Инициация проекта	71
3.3 Планирование управления научно-техническим проектом	74
3.3.1 Иерархическая структура работ проекта.....	74
3.3.2 Контрольные события проекта.....	75
3.3.3 План проекта	75
3.4 Бюджет научного исследования.....	78
3.4.1 Расчет материальных затрат.....	78
3.4.2 Затраты на специальное оборудование	79
3.4.3 Заработная плата исполнителей ВКР	80
3.4.4 Отчисления во внебюджетные фонды.....	82
3.4.5 Накладные расходы	82
3.4.6 Формирование бюджета затрат ВКР	82
3.5 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования..	83
3.6 Выводы по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	86
4 Социальная ответственность	88
4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	89

4.1.1 Правовые нормы трудового законодательства.....	89
4.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя	90
4.2 Производственная безопасность	92
4.2.1 Анализ вредных и опасных факторов.....	92
4.2.2 Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия вредных и опасных факторов	94
4.2.3 Отклонение показателей микроклимата.....	94
4.2.4 Повышенный уровень электромагнитного излучения.....	95
4.2.5 Недостаточная освещенность рабочей зоны.....	96
4.2.6 Превышение уровня шума	100
4.2.7 Психофизиологические факторы	101
4.2.8 Поражение электрическим током	101
4.2.9 Требования безопасности во время работы с прессом	103
4.3 Пожарная безопасность.....	104
4.3.1 Основы пожарной безопасности	104
4.3.2 Правила пожарной безопасности при работе с трубчатой печью ..	106
4.4 Безопасность в аварийных и чрезвычайных ситуациях.....	107
4.5 Выводы по разделу «Социальная ответственность».....	109
Conclusion.....	110
References	112

Introduction

In today's world, sustainable energy systems are becoming a necessity. Preservation of the planet's climate and the fight against greenhouse gas emissions are possible through the use of fuels that do not pollute the environment. Hydrogen, which is one of the most promising types of fuel, meets these requirements.

The main advantage is that the combustion of hydrogen in pure oxygen generates only water and thermal energy. Such a process is ideal from the point of view of environmental safety. Another advantage is its low molecular weight, which makes it possible to increase the specific power of the engine.

Hydrogen has another important advantage - it can be extracted directly from water, which opens up almost unlimited reserves of this fuel. In addition, the specific combustion energy of hydrogen is 3 times higher than that of gasoline.

The use of hydrogen is also associated with some problems. For example, at the moment the cost of its extraction and transportation is very high. In addition, due to the chemical activity and explosiveness of this gas, a special approach to its storage is required.

As technology improves, the benefits of using hydrogen will only increase. Scientific and technological developments are already making it possible to reduce the cost of extracting and transporting hydrogen, as well as ensuring safer storage of this gas. Ultimately, the use of hydrogen could be an important step towards clean and efficient energy.

In connection with the above factors, there are restrictions on the use of materials and conditions for hydrogen storage. Current hydrogen storage technologies, such as compression, liquefaction, or injection into metal hydrides, have significant disadvantages, including high energy and cost, and low volumetric content.

Perhaps the use of carbon sorbents as working materials will help overcome the problems of hydrogen storage. Technical carbon has a large sorption surface, which can be used in various fields, including the automotive and energy

industries. This represents a promising solution for the efficient use of hydrogen, with relatively low storage costs and increased safety.

The use of fine carbon black powder can lead to problems such as clogging of vacuum equipment and resistance to gas flow. To avoid these problems, a method has been developed to use this material in the form of granules or tablets. These forms of carbon are characterized by a developed surface, constant porosity, and stable structure, which makes it possible to use them as an effective sorbent in industry.

To achieve the maximum efficiency of using carbon tablets, research and optimization of their shape and composition are required. Such studies can provide a high development of the sorption surface, which will speed up the sorption process and, as a result, increase the efficiency of the use of carbon black in various industries.

This work is part of these studies, and its purpose is to develop the sintering regime for tablets obtained by fabricating carbon black powders with the addition of a given amount of stearate at various pressing pressures.

To achieve this goal, it was supposed to solve the following tasks:

Review and analyze rational methods of hydrogen storage and the properties of carbon materials applicable for its sorption, as well as ways to provide a developed inner surface of tablets and substances that act as plasticizers in carbon fabrication.

Determine the main factors influencing the mode of sintering of carbon blanks.

Carry out the choice of optimal parameters for sintering carbon tablets and their analysis.

The results obtained will allow us to identify the most effective conditions for the production of tablets with a high sorption capacity.

1 Literature review

1.1 Hydrogen as an alternative energy source

1.1.1 Main properties of hydrogen

The first element in the periodic table of chemical elements of the unsurpassed scientist Dmitry Ivanovich Mendeleev is hydrogen, an element of fundamental importance for our planet, affecting the diverse aspects of its life. In nature, there are stable isotopes of this element - protium and deuterium and unstable tritium [1].

An important property of hydrogen is its relative atomic mass, which is 1.0079 Da. The key property of hydrogen is its gaseous state under normal conditions. Being in this state, H₂ has no color, no smell, no taste. In liquid form, hydrogen occupies only one seven hundredth of the volume of its gaseous state, which demonstrates its unusual properties.

Hydrogen is an element with a mass of historical and scientific achievements and attracts special attention of scientists and researchers around the world [2].

It should be noted that hydrogen is a chemically active element that is almost never found in a free state. It usually bonds with other elements such as oxygen, carbon or nitrogen. Despite its peculiarities, hydrogen finds wide applications in science and technology, including use as a rocket fuel and as a source of clean fuel for hydrogen-type vehicles.

Hydrogen is one of the most abundant elements on Earth. The natural reserves of hydrogen are about 17 atoms for every 100 atoms of our planet. This provides a huge potential for the use of this element in various industries. Interestingly, the mass fraction of hydrogen in water exceeds 11%, which means that there are huge resources for its production. Approximately $1.5 \cdot 10^{18} \text{ m}^3$ of water is present on Earth, which in turn gives a huge potential for hydrogen production.

The use of hydrogen as an energy source is safe. When hydrogen is burned, no pollutants are formed and no slags and wastes are emitted, which makes hydrogen technologies more and more promising.

Hydrogen technologies are a modern complex of industrial methods and means aimed at obtaining, transporting, storing and using hydrogen. Their main advantage is the ability to use inexhaustible sources of raw materials and energy, which can be a turning point in the development of the economy and society. Hydrogen technologies can become the basis for creating cleaner and more efficient energy supply systems, as well as an additional source of income for various industries.

1.1.2 Hydrogen production

Today, hydrogen plays a crucial role in the economy of various countries, and its production is a rapidly developing industry. There are many ways to produce hydrogen, including biological processes, classical electrolysis and hydrocarbon conversion, which are increasingly being used in industry. One possibility for hydrogen production is extraction from natural carbonaceous resources such as oil, gas and coal. In 2007, about 40% of the hydrogen produced was obtained from liquid carbon fossils and used in the petrochemical industry [3]. The total volume of industrial production of hydrogen reaches 60 million tons, which underlines the importance of this element in the economy. Figure 1.1 shows the various methods for producing hydrogen, which open up new possibilities for the production and use of this substance.

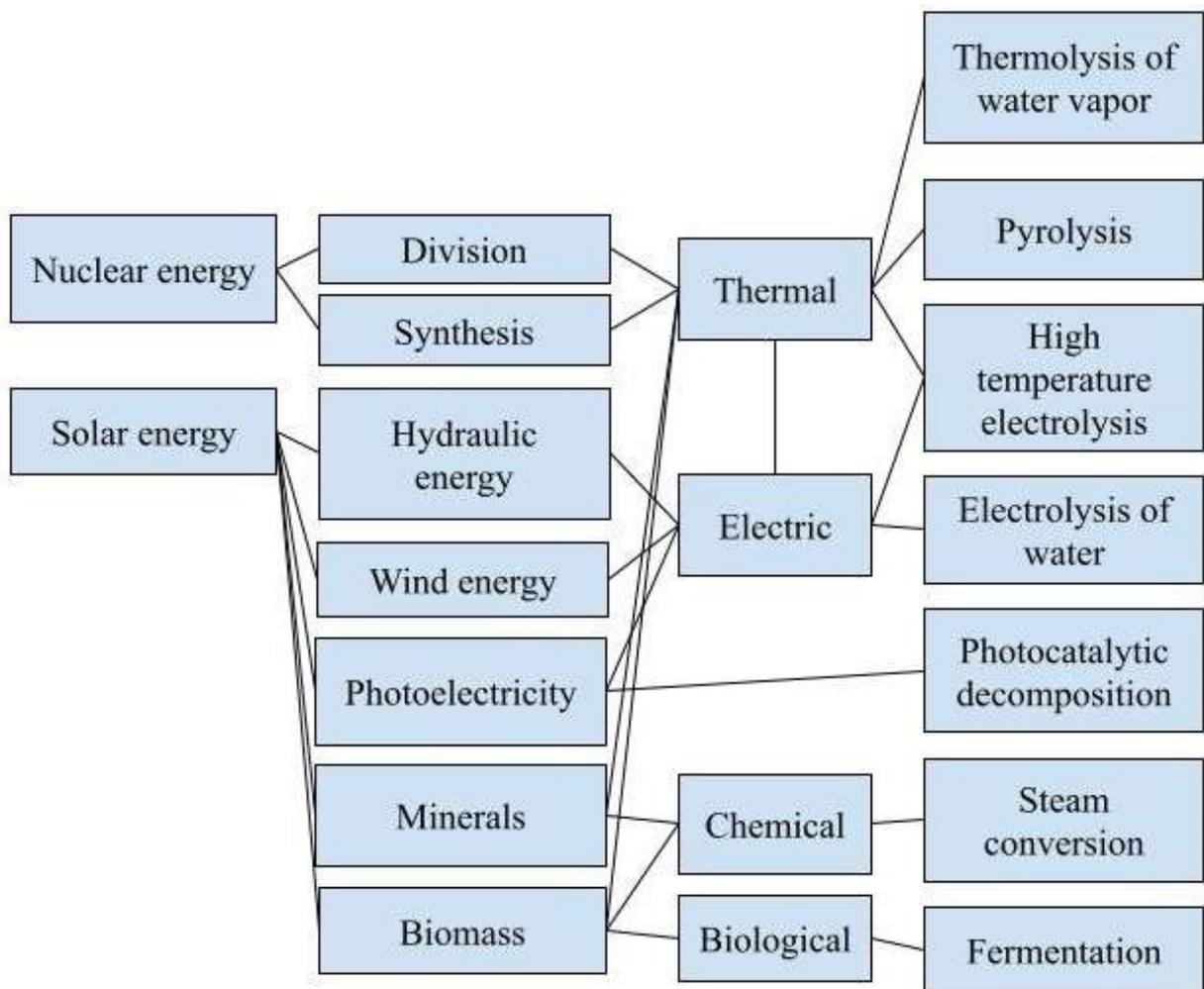


Figure 1.1 – Hydrogen production methods

Natural gas is the second largest source of hydrogen. It is not yet fully used for energy supply. Normally, natural gas is used to produce ammonia.

But modern research and technology show that hydrogen can become a promising and environmentally friendly fuel that will not release carbon dioxide and other harmful substances into the atmosphere. Many countries have already begun to develop hydrogen infrastructure, building filling stations and subsidizing hydrogen production.

In the future, this could change the energy market and spark a clean technology revolution.

At the moment, its use for energy supply is still limited, mainly due to technical and economic restrictions. At the same time, countries around the world are aiming to develop hydrogen infrastructure and subsidize hydrogen production.

This threatens traditional economic models and could lead to a cleantech revolution.

Among the most common methods of hydrogen production are gasification, coal conversion and partial oxidation, which make it possible to obtain a gas containing a mixture of hydrogen and carbon monoxide in a ratio of 1:3. However, these methods have disadvantages associated with the formation of intermediate products such as biogas and synthetic fuels. Various gas treatment methods can be used to obtain these products, such as hydrolysis, pyrolysis, esterification, alcoholic or anaerobic fermentation. Each of these methods has its own specific features and is used depending on the goals and objectives of obtaining hydrogen and intermediate products.

An environmentally friendly way to produce hydrogen is biological treatment. This process is based on the use of microorganisms such as bacteria to decompose organic materials such as biomass. As a result of processing, hydrogen is obtained, a clean and safe gas that can be used as an energy carrier.

On the other hand, water electrolysis is another method for producing hydrogen. Electrolysis requires a large amount of energy, which makes this method not the most economical and convenient.

In general, there are many ways to produce hydrogen, each with its own advantages and limitations. But in the future, hydrogen can become a key source of energy, so research in this area is important and interesting for specialists.

The energy issue is attracting more and more attention both in scientific and practical circles. As one of the ways to generate energy, water electrolysis is widely used to produce hydrogen. The main types of electrolysis are alkaline and acid, which differ in the type of charge carriers [4].

Hydrogen produced by electrolysis is one of the most energy-rich and easily renewable energy carriers. For example, 1 kg of hydrogen as an energy carrier is able to replenish its energy 2 times faster than oil-based fuels. When burning 1 kg of hydrogen, up to 120 MJ/kg of heat is released, while ordinary gasoline or high-quality aircraft fuel gives only 46-50 MJ/kg.

These results make the water electrolysis method one of the most promising to date in the field of energy research.

One of the most effective and promising solutions for reducing CO₂ emissions into the atmosphere is the use of hydrogen as a fuel. According to the data, one ton of hydrogen can replace up to 4.1 tons of gasoline, which indicates the high efficiency of this type of fuel. The specific heat of combustion of various fuels, including hydrogen, is presented in Table 1.1. In light of these facts, hydrogen is becoming increasingly important as a cost-effective and environmentally friendly energy solution for the future.

Table 1.1 – Specific heat of combustion of the main fuels [4]

Fuel	Specific heat of combustion, MJ/kg
Hydrogen	118,98
Hydrogen + Methane (50% H ₂ and 50% CH ₄ by mass)	86
Hydrogen + methane + carbon dioxide (33% H ₂ , 33% CH ₄ and 33% CO ₂ by mass)	59
Gasoline	45
Methane	49

The use of hydrogen in cars is attracting more and more attention from scientists and engineers around the world. This is due not only to search activities against the backdrop of sustainable development, but also to the indisputable advantages of this type of fuel:

Firstly, the use of water as a starting material for the production of hydrogen makes it an inexhaustible and affordable source of energy.

Secondly, thanks to its high energy efficiency, hydrogen makes it possible to achieve high performance in cars.

Thirdly, unlike traditional fuels, the combustion of hydrogen does not lead to the emission of harmful exhaust gases and free radicals that adversely affect the environment. The only by-product is water vapour.

One of the most remarkable properties of hydrogen as a fuel is the superiority of its calorific value over gasoline by almost 3.5 times, reaching a value of about 120 MJ/kg. The implementation of this technology in the automotive

industry will be an undoubted breakthrough in the field of ecology and work efficiency.

Today we can observe various options for the use of hydrogen fuel in cars, each of which has its own characteristics. One of them is the use of hydrogen as a mixture with traditional petroleum fuels, which helps to improve environmental parameters and increase the efficiency of the car. Another option is the use of hydrogen as a clean fuel in fuel blocks, which also demonstrates high environmental performance.

To date, the annual production of hydrogen reaches 45 million tons, and more than 90% of it is produced during oil refining. Despite this, the water electrolysis method still requires high energy consumption and high cost. It should be borne in mind that the energy obtained from the combustion of hydrogen in the engine is almost equal to the energy spent on its production. Therefore, the use of hydrogen as a fuel has a huge potential for improving the ecological state of our planet and its development should be continued.

Hydrogen is one of the key elements in the economy and plays an important role in the production of electricity and fuel in various industrial sectors. Among the methods for producing hydrogen, the conversion of natural gas to synthesis gas is increasingly used.

Synthesis gas is a gaseous mixture consisting of hydrogen, carbon monoxide and methane. The process of converting natural gas to synthesis gas occurs by decomposing methane into hydrogen and carbon monoxide, which then combine to form synthesis gas. Syngas can be used to produce hydrogen.

The method of converting natural gas to synthesis gas demonstrates the ability to increase hydrogen production. It is attractive to companies involved in the production of fuel and energy due to its lower cost compared to other methods. In addition, this method is more environmentally friendly because it uses natural gas, which is a more affordable and less polluted source of energy.

Natural gas conversion is a promising way to produce hydrogen, providing economic efficiency and environmental safety. This approach can be a valuable

contribution to the sustainable development of our economy and the support of environmentally friendly technologies in the future [5].

1.1.3 Hydrogen storage

Hydrogen storage is a complex problem that concerns not only the production and delivery, but also the end use of this energy carrier. However, it is in this area that the key technology for the development of the hydrogen economy lies.

There are various ways to store hydrogen: in gaseous form (compressed gas), in liquid form (at 20 K or -253°C) and in solid form. The first two methods are standard practices with some limitations [6], mainly due to their high energy intensity.

Solid-state hydrogen storage, while still in its infancy, could be an attractive alternative. This method has improved safety and volumetric energy density. However, its application can be associated with losses in weight efficiency, the need for thermal management and a complex scaling process.

At the moment, intensive work is underway to overcome the limitations of existing hydrogen storage technologies and develop more efficient and safer solutions.

Storage in gaseous form

It is currently one of the simplest, most widespread, and most efficient storage technologies. Hydrogen under high pressure is stored in thick-walled tanks (mostly cylindrical or quasi-conformal) made of high-strength materials for durability. The design of the storage tank, based on classical deterministic engineering approaches, has not yet been optimized: the tanks are actually large; inefficient use of material and a rather poor estimate of the service life of pressure vessels [5, 7].

According to the European Integrated Hydrogen Project, which is leading the development of global regulatory standards for hydrogen testing and the

certification of hydrogen refueling infrastructure components and systems, compressed gas and hydrogen storage tanks can be classified into four types:

1. all-metal cylinder;
2. carrying a metal case wrap wrapped in resin-impregnated continuous filament;
3. metal non-load-bearing axial bushing and hoop wrapped with resin-impregnated continuous thread;
4. a non-load-bearing non-metallic liner in the axial direction; and a hoop wrapped with resin-impregnated continuous thread.

Storage in liquid forms or media

Liquid hydrogen is an attractive storage option, as it has a much higher energy density than its gaseous form. Technologies for using liquid hydrogen in spacecraft (Space Shuttle Ariane) and in military aircraft already exist. For land transport, a number of hydrogen-powered vehicles have already been developed and tested using new-design tanks with evaporation losses of less than 1.5 wt.% per day. In addition, automated filling stations with liquid hydrogen were created [8].

Although hydrogen gas liquefaction technology is quite efficient, it also has its disadvantages, the main ones being: the need for a lot of energy to liquefy the gas, as well as strict control of the temperature stability of the container to avoid any risk of overpressure. In addition, this storage method requires the use of cryogenic vessels and suffers from hydrogen losses due to evaporation from containers, especially smaller ones. But the continuously evaporated hydrogen can be catalytically combusted with air in the container's overpressure protection system, or even recollected in metal hydride [9].

Storage in metal hydrides

Metal hydrides are based on metal alloys and act like a sponge to absorb hydrogen gas. As a result of a chemical reaction under hydrogen pressure, solid compounds of hydrogen with metal are formed and heat is released. Conversely, hydrogen is released when materials are exposed to heat, such as heating a tank and reducing pressure. The hydrogen molecule is first absorbed on the surface and then dissociates as tightly bound individual hydrogen atoms. The metals are

alloyed to optimize both the weight of the system and the temperature at which hydrogen can be reduced. When hydrogen is to be used, it is released from the hydride under certain conditions of temperature and pressure. This process can be repeated many times without loss of storage capacity [10].

Storage in carbon materials

Hydrogen, depending on the applied pressure and temperature, can be adsorbed and reversibly accumulated on solid surfaces as a result of physical adsorption (van der Waals forces) or chemisorption (as in metal hydrides). Materials with a large specific area, such as nanostructured carbon and carbon nanotubes, are possible substrates for physical adsorption. In terms of storage capacity, curved structures such as carbon nanotubes seem to be more efficient than high surface area graphite (25% more at low temperatures).

This behavior is associated with their structure interacting with a hydrogen molecule and with higher attractive forces acting in comparison with open structures with a flat surface [7, 11]. This effect weakens with increasing temperature.

If you look at the results of research published in recent years, you can see conflicting data on the reversible accumulation of hydrogen in carbon nanotubes. This is mainly due to the insufficient characterization of the carbon material used. In 1998, extraordinary hydrogen storage capacities were reported, an order of magnitude greater than anything known to date. These capacitance values can be questionable and should perhaps be viewed with some skepticism as they are rather inconsistent and not reproducible. The storage properties of hydrogen in nanotubes are not yet fully understood. However, there is still scientific interest, especially in single-walled nanotubes, which can be seen as a promising medium for the safe storage of hydrogen. Most researchers agree that that careful and systematic research should be carried out, concentrating on the development in order to improve the sorption properties, as well as on the adequate characterization of these materials. Procedures such as ball milling and pretreatment seem to increase

the number of defects such as broken carbon bonds and can lead to highly defective structures in which hydrogen is chemisorbed and readily released.

Specific indicators of the main methods of hydrogen storage are presented in Table 1.2.

Table 1.2 – Specific indicators of five storage methods [12]

Storage method	Specific energy consumption, kWh/kg H ₂	Specific storage volume, dm ³ /kg H ₂	Storage specific gravity, kg/kg H ₂
Hydrogen gas at low pressure	0.39	1020	—
Hydrogen gas at high pressure	0.93	81	16.0
Hydrogen in hydrides	1.16	22	76.9
liquid hydrogen	10.50	14	7.0
Cryogenic adsorption	3.20	59	20.0

The advantages and disadvantages of the main hydrogen storage methods are shown in Table 1.3.

Table 1.3 – Assessment of the main methods of hydrogen storage [13]

Storage method	Advantages	Flaws
Gaseous hydrogen (T = 300 K, p ≤ 20 MPa)	The technology is well developed and available, relatively low cost	Low volume content (about 7.7 kg/m ³ at 10 MPa). The density of stored energy at high pressures (up to 70 MPa) is comparable to liquid hydrogen, but the storage technology at such high pressures has not been fully developed
Liquid hydrogen (T = 20.4 K)	Technology available, high density (71 kg/m ³)	High energy consumption for liquefaction, loss of hydrogen, for evaporation, the need for super-insulation, as a result, high cost
Cryogenic adsorption (T = 155 K)	The technology is simple and well developed	Low volume content (0.5 - 20 kg/m ³). The need for cooling and compression
Hydrides of metals, alloys, intermetallic compounds and composites	Convenient and safe storage in the solid phase (in bound state); a number of technologies are quite well developed	Insufficient capacity, need for heating, degradation over time, relatively high cost
Carbon nanostructures: nanotubes, fullerenes	Technologies in the future can provide a high density of hydrogen storage (30–100 kg/m ³)	The production of carbon structures is not sufficiently developed, the results of hydrogen retention are irreproducible

A promising method is the sorption of hydrogen by porous materials, in particular those based on carbon.

1.2 Carbon and options for its use for sorption

The properties and structure of substances are closely related to their chemical composition, crystal lattice structure and molecular structure. Carbon has serial number 6 in the periodic table of elements and an atomic mass of 12.011 g/mol. Depending on its electronic configuration, carbon can have different valences [14]. In the neutral state of carbon (electronic configuration $1s^2 2s^2 2p^2$) it has a valence of two, but with the electronic configuration $1s^2 2s^1 2p^3$ the carbon atom becomes tetravalent. Figure 1.2 shows the structure of allotropic modifications of carbon [15].

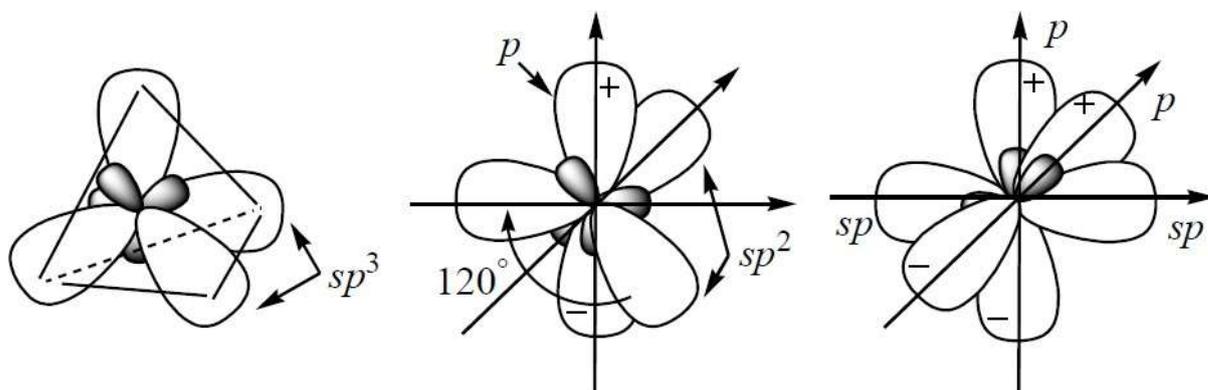


Figure 1.2 – The structure of allotropic modifications of carbon

The types of crystal lattices are determined by the features of the valence state of carbon atoms:

1. in the sp^3 -hybridization state, carbon atoms can jointly form tetrahedral σ -bonds, resulting in a diamond-type structure;
2. in the state of sp^2 hybridization, atoms form multilayer structures (for example, graphite). In such materials, the basis is a layer of six carbon atoms - a hexagonal flat structure (Fig. 1.3).
3. the structure of carbon in the state of sp -hybridization can be represented by chains of atoms $-C\equiv C-$ or $=C=C=$, weakly bonded to each other.
4. a case is possible when carbon is in the state of sp^2 hybridization and forms spherical agglomerates - fullerenes.

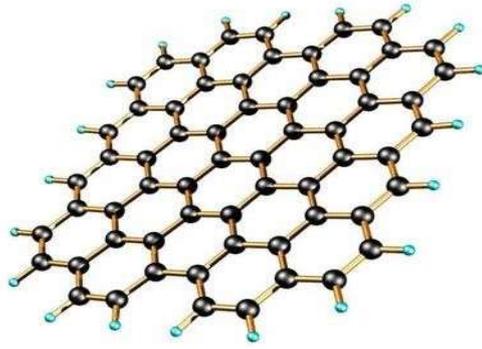


Figure 1.3 – Layer of carbon atoms during sp^2 hybridization

Carbon has several structural modifications:

- Fullerenes;
- Nanotubes;
- Graphite nanofiber;
- Technical carbon.

When studying different types of coating materials, it was found that carbon black has the lowest hydrogen adsorption energy, equal to -4.25 eV. In turn, for fullerenes and nanotubes, the average adsorption energies are respectively -2.63 eV and -2.41 eV. Based on these data, it can be argued that the use of carbon black can improve the process of hydrogen sorption, while maintaining all other conditions.

Carbon black, which is industrial carbon, can be obtained by thermal or thermal-oxidative decomposition of hydrocarbons. In reality, this material is a black polydisperse powder product, which does not exist in natural materials.

Carbon black has a significant advantage due to its porous structure and large surface area. These properties make it an ideal material for absorbing toxic substances from water or air. In addition, carbon black is widely used in the manufacture of batteries, accumulators, electronics and other devices that require high efficiency and power.

In this regard, the use of carbon black as a material for hydrogen sorption is important in various industries where accuracy, stability and high performance are required.

When choosing a sorbent based on carbon black in the form of powders, several disadvantages must be taken into account that affect the efficiency of the process. The disadvantage is the smaller specific area of contact of the gas with the sorbent. This leads to a decrease in the efficiency of interaction and, as a result, a decrease in the quality of the system.

The low density of the powdered sorbent may not be sufficient to solve certain types of problems. The use of a powder sorbent can lead to high hydraulic resistance when saturated with gas. This can be another obstacle to the efficient operation of the system.

The disadvantages include the possibility of contamination of the fuel system with a finely dispersed sorbent, which can reduce its efficiency and cause serious damage to its operation. Therefore, when choosing a sorbent based on carbon black in the form of powders, one should take into account the disadvantages described above and carefully evaluate its applicability for a particular system.

Carbon black in the form of powders, despite its shortcomings, continues to be one of the most popular sorbents in modern science. To get the maximum benefit from its use, it is necessary to take into account all the features of this material and apply it only in cases where it is really effective.

The selection and application of sorbents is a complex process that requires competence and knowledge in this field. Therefore, in order to avoid possible mistakes, it is worth contacting experienced specialists who will help to avoid the wrong choice of sorbent and, as a result, the loss of valuable time and resources. This is extremely important in any scientific discipline, including for effective work with carbon black in powder form [16].

1.3 Plasticizers. General requirements, their role and types

Plasticizers - special binders introduced into the material to increase elasticity or processability. They are able to reduce the viscosity of the melt, the

processing temperature, increase the heat and frost resistance of products, resistance to aqueous and organic media.

General requirements for plasticizers

There are a number of key factors to consider when selecting a plasticizer to ensure stability and long product life. An important factor is the thermodynamic compatibility with the polymer, since the plasticizer must dissolve completely without damaging the polymer structure.

In addition, low volatility and lack of odor must be taken into account, as this ensures safety of use and ease of operation. It is important to ensure that the plasticizer is chemically inert in order to guarantee quality stability.

It is necessary to check that the plasticizer is resistant to extraction from the polymer by liquid media such as oils, detergents and solvents, as this is a prerequisite for products operating in difficult conditions.

In the production of polymeric materials, it is important to consider several factors related to the plasticizer. First, it is necessary to take into account the decomposition temperature of the plasticizer, which should not be lower than the polymer processing temperature. Secondly, the plasticizer must be environmentally friendly and do not contain toxic substances in order to ensure safe use.

The cost of the plasticizer is also an important factor, but the quality and safety of the product should not be sacrificed for the sake of saving money. The compatibility of the plasticizer with the polymer is a key process, which is called true dissolution. This is due to the thermodynamic affinity of the plasticizer for the polymer and is important to consider in the production of polymeric materials.

Molecular dispersion of the polymer in the plasticizer is a key factor in achieving a uniform distribution of the components and ensuring the stability of the system. If the dispersion is not carried out properly, the emulsion will be unstable and will separate.

Sweating of the plasticizer, which appears as a greasy coating on the surface of the polymer, is not always the result of swelling of the polymer. There are various factors such as temperature, pressure and mechanical stresses that can

contribute to the exudation of the plasticizer. Choosing the wrong plasticizer or overusing it can also lead to bleeding and system defects.

Understanding the mechanism of polymer swelling in a plasticizer and the effect of this process on plasticizer exudation is critical to optimizing manufacturing processes and improving the quality of polymer materials. A deep understanding of these physical processes allows you to optimize process conditions, which in turn reduces the amount of scrap and increases product yield, which is important for industry and the economy as a whole.

In the processing of polymers, especially in the context of their processing, the use of plasticizers requires special conditions to be met. This is due to the fact that the increased temperature of decomposition of the plasticizer can lead to the impossibility of processing the polymer.

Depending on the scope of the plastic mass, there are also additional requirements for the chemical composition of the plasticizer. In particular, it should be devoid of the color characteristics imposed on it and not affect the dielectric properties of polymers. In addition, the plasticizer must, while maintaining its properties, not increase the flammability of the plastic, and also be resistant to chemicals and other aggressive substances.

An important role in the choice of plasticizer is played by its resistance to microbiological attack. When using plastic materials, conditions are created that promote the development of bacteria and fungi. Therefore, when choosing a plasticizer, it is necessary to pay attention to its protective properties against microorganisms.

In the process of using plasticized polymers, biological corrosion caused by mold is possible. This can significantly degrade the mechanical and electrical properties of the material.

In Europe, the production and use of plasticizers are subject to regulations set by the European Council on Plasticizers and Intermediates under REACH rules. In accordance with these regulations, the manufacturer of plasticizers and products

containing these substances must provide safety certificates. Otherwise, the products are not allowed to be produced and sold in Europe.

Particular attention is paid to environmental safety and reducing the toxicity of plasticizers, especially in the production of medical equipment and products that may have direct contact with humans. In this regard, the concept of environmental security is becoming increasingly relevant.

Plasticizers are an integral part of polymer materials, allowing them to acquire the necessary properties and shape. There are several methods for classifying plasticizers, and the choice of the most appropriate one depends on the specific conditions and tasks of production.

One way to classify plasticizers is to classify them based on their chemical structure, such as esters of aliphatic and aromatic carboxylic acids, phosphates, hydrocarbon diluent plasticizers, epoxy, and others. The classification depending on the characteristics of their action is more widely used [17].

According to this approach, all plasticizers can be divided into three subgroups: general purpose, functional and special. General purpose plasticizers are used in many types of polymers. They provide characteristics such as flexibility, fracture resistance, and improved material processing properties. Functional plasticizers provide additional properties such as increased adhesion, damage resistance and thermal stability, depending on the needs of the project. Special plasticizers, in turn, provide unique properties for specific materials or industries, such as flame retardation, increased transparency or elasticity at low temperatures [18].

Plasticizers are an important component in the production of polymeric materials. They perform many functions, including lowering the glass transition temperature of the polymer and increasing its flexibility. Functional plasticizers are aimed at changing the properties of a particular polymer, for example, to give it the desired color, smell or stiffness. More specialized plasticizers are used in the production of products that have high requirements for the degree of flexibility and compatibility with other materials.

Issues of environmental safety in the use of plasticizers remain relevant. Many experts express concern about the possible negative consequences of their use on the environment and human health. Therefore, it is important to continue research in this area in order to develop safer alternatives.

Not all plasticizers are safe to use. Some of them may contain toxic components that can harm both the environment and human health. Moreover, some plasticizers can disrupt the structure of polymers, which over time can lead to their deformation and destruction.

Plasticizers are often used in the tablet pressing process to improve the molding of the product. Due to the effective effect on the porosity of the material, plasticizers can be considered as pore formers [6]. The main criterion for choosing promising plasticizers is their ability to completely evaporate when heated, leaving no harmful organic substances that pollute the environment. Among such promising plasticizers, metal stearates stand out, which have a high potential efficiency.

To solve the problem of improving the tablet pressing process, it was decided to use binders, which can be used as various plasticizer materials. In this case, special attention should be paid to paraffins, waxes and stearates, which are on the promising list, due to their low melting point. This will reduce energy consumption for material processing and increase the efficiency of the production process.

Within the framework of this work, the choice of a binder for carbon materials was carried out. As a result of the analysis, it was decided to use stearates, which completely evaporate when heated and do not leave behind organic substances that can pollute the environment.

One of the key parameters of carbon materials is the specific surface area and porous structure, which significantly affect their properties and application possibilities. To create these parameters, blowing agents are used, among which alkalis such as NaOH and KOH are the most common. In experiments, it was found that the optimal ratio for mixing carbon black and alkali is 1:3.

Selected binders and blowing agents provide not only the necessary properties of carbon materials, but also minimize the negative impact on the environment.

Further, after mixing, the materials undergo heat treatment. This leads to an increase in the specific surface area of carbon materials and an increase in pore volume. As a result, the sorption capacity of technical carbon for hydrogen increases [18].

The use of tablets based on powders has some advantages over finely dispersed substances. In particular, one of the main advantages is the constant porosity.

1.4 Parameters and conditions for the manufacture of tablets

1.4.1 Tablet manufacturing technology

The main process of the pharmaceutical industry is the production of tablets as medicines. This process includes several stages, each of which plays an important role in the creation of the final product and determines its main characteristics.

For the production of tablets, it is necessary to use a special press powder, which must have certain physical and chemical properties. The way to achieve the required characteristics is to prepare a special mixture consisting of a soft blowing agent and a plasticizer in certain proportions. An important factor is the fluidity and porosity of the press powder for successful tablet formation.

In the tablet manufacturing process, special attention is paid to the pressing process, in which the press powder is compressed in mechanical presses in order to obtain the desired shape and size of tablets. This stage is decisive for obtaining products with desired characteristics, such as density and strength.

After this stage, the tablets are sintered, which allows them to maintain their shape and lay down the final physical and chemical properties of the product. The sintering process is carried out in special furnaces at a certain temperature and

pressure. This step can further improve the properties of the tablets, such as compaction or increased resistance to external factors.

The process of obtaining tablets is a whole complex of stages, each of which finds its key importance to ensure high quality products and the necessary properties. The control of each stage and the consideration of all factors are the most important aspects for successful production activities.

Plastic is a material with a wide range of properties and is used in almost all areas of human activity, from household items to high-tech products. The main ingredient is plasticizers. They are able to significantly expand the possibilities of plastic, making changes to its structure that are necessary to achieve the desired properties.

Plasticizers are an integral part of the manufacturing process of polymeric materials. Their main function is to give these materials the necessary plasticity and elasticity, which facilitates the process of processing and operation. But besides this, plasticizers contribute to a more uniform distribution of ingredients, lowering the temperature during the processing process and increasing their frost resistance. It should be noted that their use may degrade the heat resistance of materials.

In addition to the properties mentioned, many plasticizers have another very useful characteristic: they improve the fire, light, and heat resistance of polymers. This is especially important for those products that must be resistant to various external influences.

The key method for obtaining high-quality composite materials is the pre-mixing of powders for uniform distribution in the volume. But obtaining a material with the desired properties without the use of plasticizers presents significant difficulties.

In this regard, plasticizers play an important role in the production of plastics and composites, they provide the possibility of obtaining materials with a wide range of properties for use in various industries.

The production of tablets is a complex and continuous process that includes several stages. One of them is the mixing of powders and components. There are several mixing methods, both dry and wet, depending on the requirements of the production.

Further, after preliminary preparation, the powder is poured into a special form, which is fed to the tablet pressing machine. At a certain pressure and exposure time, the process of forming tablets takes place, which are then unloaded from the press into containers. The next step is to sinter the pellets in a high temperature oven, which usually consists of four sections.

The first section of the furnace is responsible for the removal of the binder and the process of removing moisture and gaseous impurities from the system through the corresponding pipes. Thus, the entire multi-stage tablet manufacturing process includes several important stages, each of which significantly affects the quality and effectiveness of the final product.

In the process of manufacturing tablets, technology plays an important role, which consists of several stages. At the first stage, the raw materials undergo special processing, followed by preheating of the tablets. In the zone of high-temperature processing, sintering of the substance occurs, which becomes more and more dense with each subsequent section. In the fourth section, the sintered pellet containers are cooled by steel coils circulating water. Only after passing through all the stages, the products are ready for grinding on a special machine. It is important to note that each stage of tablet production must be carried out in compliance with technological requirements in order to obtain a quality product without defects. Thus, the technological process in the production of tablets is a key factor in obtaining a quality product.

1.4.2 Effect of various additives on the porosity of carbon pellets

Before the tablet pressing process, it is necessary to add processing aids such as binders or plasticizers, which will subsequently be removed during sintering. This will significantly speed up the pressing process, since the additives will

reduce the friction between the powder particles and the walls of the mold. Also, this technique allows you to reduce the pressure during pressing, which provides a more uniform density of tablets.

In addition, additives provide the necessary strength of the tablets and guarantee the high quality of their surface. The binders used in the production of tablets make it possible to regulate the porosity and lead to the desired tablet consistency. This approach to the pressing process is an important factor for obtaining a quality product.

During the production of tablets, it is necessary to take into account the importance of the correct use of technical additives, since their incorrect ratio can adversely affect the quality of the finished product. In order to achieve optimal tablet condition, it is necessary to choose the right combination of components to ensure even distribution of the powder and maintain a stable tablet size.

For this, various substances are used, such as polyvinyl alcohol, polyethylene glycol, camphor, paraffin and others. In order for the binder to be evenly distributed over the volume of the powder, it is used in the form of solutions in organic liquids. The correct ratio of all components is the key to achieving the optimal shape and condition of the finished product.

As a means for creating tablets, aqueous solutions of macromolecular alcohols are most popular. However, the production process with this approach becomes more complex, since it requires maintaining a narrow range of pressing pressures. This approach is being replaced by non-aqueous plasticizers such as high molecular weight fatty acids and their salts such as stearates and behenates. Due to their use, tablet dimensional stability and uniform pore distribution are achieved, which increases the efficiency of the production process.

Although additives of binders to the charge are used in small amounts (from 0.1 to 1%), they play an important role in the formation of material properties [19]. They have the properties of binding and lubrication, which provide tablets with the desired density and shape.

In this study, two plasticizers were used: sodium stearate and fluoroplast. Sodium stearate is the most common plasticizer in tablet production. It is a salt of stearic acid and has the chemical formula $C_{17}H_{35}COONa$ and a colorless crystalline appearance.

In the production of tablets, the composition of the binder and the fineness of the powder determine the dosage of the sodium stearate additive, which affects the density and other properties of the finished product. Plasticizers play a significant role in the formation of the material and its shape. Sodium stearate is widely used in the manufacture of detergents, cosmetics and other products, as well as a thickener in lubricants, an antifoam agent in the food industry, and a stabilizer in the molding of polyamides. This substance is highly soluble in hot water and ethanol.

The main property of sodium stearate is its high solubility in water and ethanol. In addition, this material composition is easily mixed with other components, which makes it a convenient ingredient in various industries.

One of the most widely used uses for sodium stearate is in the manufacture of detergents. This substance helps soften water and provide more effective cleaning of surfaces. Moreover, sodium stearate has also been successfully used in the cosmetics industry, where it can be added to improve consistency and stabilize the formulation.

Sodium stearate is a versatile ingredient that finds wide application in various industries due to its unique properties.

Sodium stearate has found use in the lubricant industry due to its thickening properties. Due to the presence of sodium stearate, the lubricant can adhere better to surfaces and provide smoother movement. In addition, this component can be used as a stabilizer in the molding of polyamides, providing a stronger and more durable material.

The main properties of sodium stearate are presented in table 1.4.

Table 1.4 – Properties of sodium stearate [19]

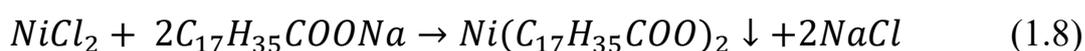
Chemical formula	$\text{NaC}_{18}\text{H}_{35}\text{O}_2$
rational formula	$\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COONa}$
Molar mass, g/mol	306.46
Density, g/cm ³	1.07
Flash point, °C	176
Melting point, °C	255÷272
Decomposition temperature, °C	≈300

1.4.3 Properties of nickel stearate

Nickel stearate is a salt of nickel and stearic acid, is a green, lightly weighed, non-volatile powder with a density of 1.13 g/cm³. The substance is insoluble in water, methyl and ethyl alcohols, ether, lathers and burns. Soluble in pyridine (C₅H₅N) and carbon tetrachloride (CCl₄), slightly soluble in acetone (C₃H₆O) [15].

The melting point of nickel stearate (for reference) is 100 °C, the actual melting temperature can vary from 50 °C (obtained from methanol) to 250 °C (technical). According to other data [15], the melting point is 82–86 °C.

Obtaining nickel stearate is possible by the interaction of sodium stearate and nickel chloride:



The reaction proceeds in an aqueous solution at a temperature of 60 °C, since the compounds of sodium stearate and nickel chloride are soluble in water. During the reaction, nickel stearate precipitates, after which it is necessary to filter the resulting solution and dry the precipitate. Figure 1.4 shows the rational formula for nickel stearate.

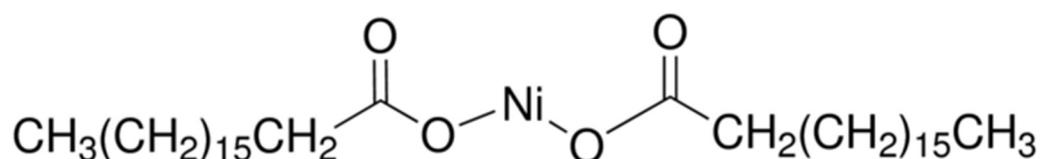


Figure 1.4. – Structural formula of nickel stearate

Table 1.5 – Properties of nickel stearate [16]

Chemical formula	$\text{NiC}_{36}\text{H}_{70}\text{O}_4$
rational formula	$\text{Ni}(\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COO})_2$
Molar mass, g/mol.	625.63
Density, g/cm ³	1.13
Flash point, °C	no flash
Melting point, °C	82-86, 100
Decomposition temperature, °C	not determined

Application area. It is used as a plasticizer for plastics and a polymerization catalyst [20].

1.4.4 Effect of heat treatment on the parameters of carbon pellets

Traditional methods of obtaining carbon adsorbents are based on two stages of thermal processing of raw materials: pyrolysis and gasification, which determine the pore structure of adsorbents [21]. But today there are more modern and effective methods of activation.

One of them is the steam-gas method, which involves the use of carbonized organic materials. Another name for this approach is physical activation or oxidation activation.

Chemical activation is another way to obtain carbon adsorbents, where chemically active inorganic compounds are used in the process of coal carbonization. This approach is also known as pyrolysis activation.

When choosing a method for activating carbon sorbents, it is necessary to take into account the manufacturer's orientation towards solving specific problems. Physical activation provides good purification of water and air, while chemical activation is used for the production of catalysts and electrodes.

There are several methods for obtaining carbon sorbents, however, only a mixed method, which includes treatment with chemical reagents and activation by oxidation, makes it possible to achieve the best performance indicators. This method has not been widely used in the production of carbon sorbents.

In the process of carbonization of a carbon-containing material, its internal structure is rearranged. This process is a topochemical transformation of the raw material and leads to an increase in its true density and the formation of ultramicropores [22].

To activate the material with gases, oxygen (air), water vapor or carbon dioxide are most often used. Activation by air is selective but can lead to burning of the pellets. Therefore, it is preferable to use water vapor or carbon dioxide to activate the carbonaceous material.

Activated carbons are widely used in various industries, including water and air purification, extraction of valuable metals, filtration of liquids and gases, and many other purposes. The traditional process for producing activated carbons from coal includes energy-intensive steps such as carbonization and oxidative activation, which increases production costs.

Hard coal and peat coke are the most common raw materials for activated carbons. The efficiency of the activation process depends on the content of volatile components in the material, and the steam-gas method requires a high temperature. Unfortunately, graphite cannot be activated due to its low volatile content.

The development of new technologies that make it possible to obtain activated carbons from more accessible and less expensive raw materials is an urgent challenge for the industry and can lead to more efficient and cost-effective production.

Obtaining activated carbons is a complex and energy-intensive process, which is associated with a number of technological limitations and high costs. As a rule, the methods used lead to an increase in the cost of the resulting product, which reduces its competitiveness in the market. Most raw materials for activated carbons, such as carbonized coal and peat coke, contain low levels of volatile components, making the activation process difficult. On the other hand, the gas-vapor activation method, which is widely used, requires a high temperature, which increases the cost of the resulting product. Some materials, such as graphite, cannot be activated due to the absence of volatile components in their composition.

Currently, there are several technologies that can be used to solve the problem of the high cost of activated carbons. Use of new raw materials, such as biomass, which contain a higher proportion of volatile components. In addition, the development of new activation methods that do not require high temperatures can also be an effective solution. Additionally, improving performance, reducing energy costs and reducing emissions to the environment can also significantly reduce the cost of a product. It is good practice to use non-carbonated materials such as peat, which can be used in chemical activation methods and are the most widely used feedstock [23].

To activate the coal, chemical treatment methods are used, which are carried out using non-carbonized materials, including peat. Activation occurs by adding inorganic activating agents and then placing the coal in a high temperature environment for a certain period of time.

An important step in the activation process is the use of specially selected inorganic substances that help to achieve the desired level of activity of the coal. During high-temperature processing of coal in this environment, processes occur that contribute to its activation.

For successful activation of coal, it is necessary to carefully select inorganic activating agents and provide optimal conditions for high-temperature processing in a specially selected environment.

Carbonization processes require raw materials that do not contain carbon. Peat is one of the most accessible materials used in this area. After treatment with activating agents and holding at high temperature, peat can be used in various industries.

Chapter 1 Conclusion

Hydrogen storage is one of the most promising technologies designed to solve the problem of energy security. A review of the literature shows that there are both already used and promising methods of hydrogen storage. Moreover, successful experiments using hydrogen as a fuel for cars indicate the prospects for the mass use of this technology in the future.

In the storage of hydrogen, the use of plasticizers such as nickel stearate or sodium stearate plays a major role in the development of this technology.

A variety of materials should be considered for use as plasticizers. The properties and structure of each material were analyzed to determine their suitability. The results obtained are the basis for more in-depth studies aimed at determining the optimal materials for hydrogen storage.

Thus, research in the field of hydrogen storage is important for solving energy problems and in creating new prospects for the development of scientific methods and materials.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
0АМ11	Третьяковой Анастасии Владимировне

Школа	ИЯТШ	Отделение школы (НОЦ)	ОЯТЦ
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	14.04.02 Ядерные физика и технологии

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Бюджет проекта – не более 150000 руб., в т.ч. затраты по оплате труда – не более 100000 руб.
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Районный коэффициент для города Томска равен 1,3. Премияльный коэффициент равен 0,3.
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды- 30,2%

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ</i>	1. Анализ и оценка конкурентоспособности НИ; 2. SWOT-анализ.
1. <i>Разработка устава научно-технического проекта</i>	1. Цели и результат проекта; 2. Организационная структура проекта; 3. Ограничения и допущения проекта.
2. <i>Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i>	Формирование плана и графика разработки: организация работ НИ; определение структуры работ; разработка графика Ганта. Формирование бюджета затрат на НИ: материальные затраты; заработная плата; отчисления во внебюджетные фонды.
3. <i>Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i>	1. Определение интегрального финансового показателя разработки; 2. Определение интегрального показателя ресурсоэффективности разработки; 3. Определение интегрального показателя эффективности; 4. Оценка абсолютной эффективности НИ.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. <i>Сегментирование рынка</i>
2. <i>Оценка конкурентоспособности технических решений</i>
3. <i>Матрица SWOT</i>
4. <i>Иерархическая структура работ</i>
5. <i>Календарный план-график проведения научного исследования</i>
6. <i>Диаграмма Ганта</i>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	27.01.2023
---	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент ОСГН ШБИП ТПУ	Спицына Любовь Юрьевна	к.э.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0АМ11	Третьякова Анастасия Владимировна		

3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Цель дипломной работы: проведение исследования особенностей фабрикации и нагрева таблеток на основе углерода с добавлением различных пластификаторов, для сорбции водорода.

Целью данного раздела является определение перспективности и успешности научно-исследовательского проекта по исследованию влияния условий фабрикации таблеток на основе углерода на их пористость.

В данном разделе приводятся решения следующих задач:

1. оценка конкурентоспособность технических решений;
2. SWOT-анализ;
3. планирование научно-исследовательской работы;
4. расчет бюджета научно-исследовательской работы;
5. расчет и оценка сравнительной финансовой эффективности исследования.

Достижение цели обеспечивается решением задач:

1. разработка общей экономической идеи проекта, формирование концепции проекта;
2. организация работ по научно-исследовательскому проекту;
3. определение возможных альтернатив проведения научных исследований;
4. планирование научно-исследовательских работ;
5. оценки коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения;
6. определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.

3.1 Предпроектный анализ

3.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Результатом исследования является разработка технологии изготовления таблеток на основе углерода и изучение их физико-механических свойств.

В перспективе, целевым рынком будут являться автопроизводители, а также организации, занимающиеся производством робототехники и дронов.

Сегментировать рынок услуг по использованию конкретного способа хранения водорода можно относительно уровня потребления газа. Результаты сегментирования представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Карта сегментирования рынка услуг относительно уровня потребления водорода

		Способ хранения водорода		
		Газообразный H ₂ (300 К, 10 МПа)	Жидкий H ₂ (20,4 К)	Сорбированный H ₂ в таблетках
Объемы потребления водорода	очень высокие (сотни тонн)			
	высокие (тонны)			
	низкие (килограммы)			

Из карты можно увидеть, что на сегодняшний день объемы потребления водорода в сорбированном виде низкие, данный рынок малоразвит, хоть и является перспективным.

3.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Для анализа конкурентных технических решений стоит рассмотреть перечисленные выше способы хранения водорода: газообразный (K_{K1}), жидкий(K_{K2}), сорбированный (K_ф).

Хранение газообразного водорода осуществляется в газгольдерах, естественных и искусственных подземных хранилищах. Хранение газообразного водорода при давлении до 100 МПа происходит в сварных сосудах с многослойными стенками. Газообразный водород перевозят в сосудах под давлением до 20 МПа. Одной из основных проблем такого хранения является высокая масса баллона, так, для хранения 1 кг водорода применяются баллоны массой 20-33 кг.

Преимущество хранения водорода в жидком состоянии состоит в значительном уменьшении объема водорода (до 500 раз) по сравнению с газообразным состоянием. Однако водород может находиться в жидком состоянии только в узком интервале температур от -253 °С до -256 °С для поддержания которых требуется организация криогенных систем, что усложняет хранение водорода.

Применение сорбционных систем возможно в случае хранения небольшого запаса водорода. Их преимуществом является отсутствие водорода в газообразном состоянии – весь водород вступает в связь с сорбентом и поглощается им.

Оценочная карта анализа представлена в таблице 3.2. Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1. Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum V_i \cdot B_i, \quad (3.1)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента; V_i – вес показателя (в долях единицы); B_i – балл i -го показателя [29].

Сложность реализации заключается в необходимости организации вспомогательных систем (охлаждения, нагрева), разработке новых

материалов (способных выдерживать высокие давления, накапливать водород), а также в разработке хранилищ.

Необходимость охлаждения является важным критерием оценки системы хранения, поскольку она подразумевает наличие дополнительного оборудования, что значительно удорожает и усложняет конструкцию, а также делает ее менее надежной.

Надежность предлагаемого метода значительно выше существующих за счет отсутствия газообразного водорода в системе хранения за счет его сорбции с углеродными материалами. В свою очередь, наличие газообразного водорода в системе приводит к повышению давления, возможной разгерметизации и детонации водорода в случае аварии. Таким образом, предлагаемый способ будет гораздо безопаснее, в сравнении с существующими.

Потребность в материальных ресурсах. Газообразный способ требует минимальное оборудование для хранения водорода, водород содержится в емкостях под давлением. Для хранения сжиженного водорода необходима система постоянного охлаждения, что приводит к усложнению конструкции. Хотя для реализации предлагаемого метода не требуется система охлаждения, тем не менее, есть потребность в сорбционных материалах (углерод), материалах, ускоряющих процесс сорбции (никель, натрий), организации системы нагрева для десорбции водорода.

Массогабаритные параметры определяются непосредственным объемом, который занимает водород. Необходимо учесть, что различные способы хранения водорода используются для различных целей. В таблице 3.1. показано, что наименьшее потребление водорода у сорбционного способа хранения, а значит и вся система хранения будет небольшой относительно существующих способов.

Конкурентоспособность метода. На сегодняшний день существует потребность в создании безопасной системы хранения водорода, таким образом, предлагаемый вариант будет наиболее конкурентоспособен.

Стоимость разработки является слабым местом предлагаемой технологии. В отличие от существующих способов необходимы затраты на научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы.

Предполагаемый срок эксплуатации. Ввиду того, что углеродные таблетки будут подвержены различным разрушающим факторам (вибрация, изменение температуры окружающей среды, периодическое повышение давления) срок их службы будет ниже, чем у существующих способов.

В таблице 3.2. представлена сравнительная оценочная характеристика по представленным выше критериям, для проведения сравнения были выбраны три варианта (способа) хранения водорода: вариант 1 – газообразный (к1); вариант 2 – жидкий (к2); вариант 3 – сорбированный (ф).

Таблица 3.2 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкуренто-способность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Сложность реализации	0,15	3	4	4	0,45	0,6	0,6
2. Необходимость охлаждения	0,2	5	4	3	1	0,8	0,6
3. Надежность	0,1	5	4	3	0,5	0,4	0,3
4. Безопасность	0,2	5	3	3	1	0,6	0,6
5. Потребность в материальных ресурсах	0,1	3	5	4	0,3	0,5	0,4
6. Массогабаритные параметры	0,05	5	3	4	0,25	0,15	0,2
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкуренто-способность метода	0,05	4	4	4	0,2	0,2	0,2
2. Стоимость разработки	0,05	3	5	5	0,15	0,25	0,25
3. Предполагаемый срок эксплуатации	0,1	3	4	4	0,3	0,4	0,4
Итого	1				4,15	3,9	3,55

На основании представленного выше анализа можно сделать вывод, что исследованный в данной диссертационной работе способ таблетирования углерода с целью хранения водородного топлива является перспективным для дальнейших исследований. Конкурентные способы хранения

недостаточно удовлетворяют в области безопасности и по массогабаритным параметрам.

3.1.3 SWOT-анализ

SWOT – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта [29, 30].

Для проведения SWOT-анализа сначала определим сильные и слабые стороны, возможности и угрозы проекта. Результат представлен в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Матрица SWOT, первый этап

	Сильные стороны проекта: С1. Низкая стоимость производства. С2. Безопасность при хранении и использовании. С3. Техническая простота осуществления метода.	Слабые стороны проекта: Сл1. Технический углерод плохо сохраняет форму без пластификатора после прессования. Сл2. Индивидуальный подбор величины давления пресса и времени выдержки таблеток
Возможности: В1. Возрастание спроса на технологию из-за широкой области применения. В2. Возможность внедрения в массовые производства.		
Угрозы: У1. Отсутствие спроса на технологию.		

В таблице 3.4 представлена интерактивная матрица проекта, в которой показано соотношение сильных сторон с возможностями и слабых сторон с

угрозами, что позволяет более подробно рассмотреть перспективы разработки.

Таблица 3.4 – Матрица SWOT, второй этап

Возможности проекта	Сильные стороны проекта		
	C1	C2	C3
B1	+	+	+
B2	+	+	+
Возможности проекта	Слабые стороны проекта		
	Сл1	Сл2	
B1	-	+	
B2	-	+	
Угрозы проекта	Сильные стороны проекта		
	C1	C2	C3
У1	+	+	+
Угрозы проекта	Слабые стороны проекта		
	Сл1	Сл2	
У1	-	+	

В матрице пересечения сильных сторон и возможностей имеет определенный результат: «+» – сильное соответствие, «-» – слабое соотношение, «0» – если есть сомнения в том, что поставить «+» или «-».

Итоговая матрица SWOT-анализа приведена в таблице 3.5.

Таблица 3.5 – Итоговая матрица SWOT

	Сильные стороны проекта: С1. Низкая стоимость производства. С2. Безопасность при хранении и использовании. С3. Техническая простота осуществления метода.	Слабые стороны проекта: Сл1. Технический углерод плохо сохраняет форму без пластификатора после прессования. Сл2. Индивидуальный подбор величины давления прессы и времени выдержки таблеток
Возможности: В1. Возрастание спроса на технологию из-за широкой области применения. В2. Возможность внедрения в массовые производства.	1. Простота в использовании получение результатов в короткое время, облегчает внедрение методики в массовое производство.	1. Все перечисленные минусы могут отрицательно повлиять на возможность внедрения в массовое производство.
Угрозы: У1. Отсутствие спроса на технологию.	1. Небольшие траты из-за возможности влияния на процесс повысят спрос на технологию.	1. Опасные факторы и отсутствие выработанной методики, связанные с новизной метода, могут сказаться на заинтересованности инвесторов.

Таким образом, на основе результатов SWOT-анализа можно сделать вывод о том, что трудности и проблемы, с которыми так или иначе может столкнуться данный исследовательский проект можно будет решить за счет имеющихся сильных сторон разработки.

3.2 Инициация проекта

В инициацию проекта входит информация о заинтересованных сторонах проекта, иерархии целей проекта и критериях достижения целей.

Под заинтересованными сторонами проекта понимаются лица или организации, которые активно участвуют в проекте или интересы которых могут быть затронуты как положительно, так и отрицательно в ходе исполнения или в результате завершения проекта.

Информация о заинтересованных сторонах проекта, информация о целях и результатах проекта, рабочая группа проекта и ограничения проекта приведены в таблицах 3.6 – 3.9.

Таблица 3.6 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
НИИ	Использование анализа для дальнейшей оптимизации процесса спекания углеродных таблеток.
Компании атомной промышленности	Использование анализа для дальнейшей оптимизации процесса спекания углеродных таблеток.
Частные инвесторы	Получение максимальной доходности в зависимости от вложений

Таблица 3.7 – Цели и результаты проекта

Цели проекта:	Получить анализ свойств углеродных материалов, используемых при сорбции водорода.
Ожидаемые результаты проекта:	Получить анализ свойств углеродных материалов, используемых при сорбции водорода и веществ, выступающих в роли пластификаторов при фабрикации таблеток.
Критерии приемки результата проекта:	Получение результатов анализа свойств углеродных материалов.
Требования к результату проекта:	Полученные при спекании таблетки должны иметь различный состав, внутреннюю и внешнюю поверхность .

Таблица 3.8 – Рабочая группа проекта

ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции
Видяев Д.Г., ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», профессор	Руководитель	координация проекта; выбор направления исследования; составление и утверждения технического задания; календарное планирование работ; обобщение и оценка результатов.
Третьякова А.В., ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», магистрант	Исполнитель	выбор направления исследования; календарное планирование работ; обзор источников информации; проведение расчетов; составление отчета; анализ полученных данных; подведение итогов.

Таблица 3.9 – Ограничения проекта

Фактор	Ограничения/допущения
Бюджет проекта	Не должен превышать 160 000 руб.
Источник финансирования	Средства ФГАОУ ВО НИ ТПУ.
Сроки проекта	Задание на выполнение исследований должно быть утверждено к 15.02.2023. Работа должна быть выполнена к 20.05.2023
Прочие ограничения и допущения	Ограничение рабочего времени участников проекта (руководителя и исполнителя).

3.3 Планирование управления научно-техническим проектом

3.3.1 Иерархическая структура работ проекта

Иерархическая структура работ (ИСР) – детализация укрупненной структуры работ. В процессе создания ИСР структурируется и определяется содержание всего проекта. ИСР приведена на рисунке 3.1.



Рисунок 3.1 – Иерархическая структура работ

3.3.2 Контрольные события проекта

Ключевые события исследовательского проекта, их даты и результаты приведены в таблице 3.10.

Таблица 3.10 – Контрольные события проекта

№	Контрольное событие	Дата	Результат
1	Разработка технического задания на НИР	1.02.2023	Приказ по ИЯТШ
2	Составление и утверждение технического задания	3.02.2023	Задание на выполнение исследования
3	Выбор направления исследований	5.02.2023	
4	Подбор и изучение материалов по теме	7.02.2023	Отчет
5	Календарное планирование работ	12.02.2023	План работ
6	Изучение возможностей расчетной модели	13.02.2023	Отчет
7	Освоение методики расчета на практике	14.02.2023	Отчет
8	Проведение расчетов	15.02. 2023-28.03.2023	Отчет
9	Анализ полученных данных	29.03.2023	Отчет
10	Обобщение и оценка результатов	30.03.2023	Отчет
11	Составление пояснительной записки	1.04.2023-25.04.2023	Пояснительная записка
12	Проверка правильности выполнения ГОСТа пояснительной записки	26.04.2023	Пояснительная записка
13	Подготовка к защите	27.04.2023-22.05.2023	

3.3.3 План проекта

В рамках планирования исследовательского проекта построен календарный план-график с помощью диаграммы Ганта. В данном случае работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения работ [29, 31].

Линейный график и календарный план-график проведения научного исследования представлены в таблицах 3.11 и 3.12 соответственно.

Таблица 3.11 – Календарный план проекта

Код работы	Название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников
1	Разработка технического задания	2	1.02.2023	2.02.2023	Руководитель
2	Составление и утверждение технического задания	2	3.02.2023	4.02.2023	Руководитель
3	Выбор направления исследований	3	5.02.2023	7.02.2023	Руководитель, исполнитель
4	Подбор и изучение материалов по теме	3	8.02.2023	10.02.2023	Исполнитель
5	Календарное планирование работ	3	11.02.2023	13.02.2023	Руководитель, исполнитель
6	Изучение возможностей расчетной модели	1	14.02.2023	14.02.2023	Исполнитель
7	Освоение методики расчета на практике	1	15.02.2023	15.02.2023	Исполнитель
8	Проведение расчетов	41	16.02.2023	28.03.2023	Исполнитель
9	Анализ полученных данных	1	29.03.2023	29.03.2023	Исполнитель
10	Обобщение и оценка результатов	1	30.03.2023	30.03.2023	Руководитель, исполнитель
11	Составление пояснительной записки	25	1.04.2023	25.04.2023	Исполнитель
12	Проверка правильности выполнения ГОСТа пояснительной записки	2	26.04.2023	27.04.2023	Руководитель, исполнитель
13	Подготовка к защите	56	27.04.2023	22.06.2023	Исполнитель

Таблица 3.12 – Календарный план-график проведения научного исследования

№	Вид работ	Исполнители	Т _к , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ													
				Февраль			Март			Апрель			Май			Июнь	
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
1	Разработка технического задания	Руководитель	2	1													
2	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	2	2													
3	Выбор направления исследований	Руководитель, исполнитель	3	3													
4	Подбор и изучение материалов по теме	Исполнитель	3		1												
5	Календарное планирование работ	Руководитель, исполнитель	3		2												
6	Изучение возможностей расчетной модели	Исполнитель	1		1												
7	Освоение методики расчета на практике	Исполнитель	1		1												
8	Проведение расчетов	Исполнитель	41			1	2	3									
9	Анализ полученных данных	Исполнитель	1					1									
10	Обобщение и оценка результатов	Руководитель, исполнитель	1					1									
11	Составление пояснительной записки	Исполнитель	25						1	2	3						
12	Проверка правильности выполнения ГОСТа пояснительной записки	Руководитель, исполнитель	2									1	2				
13	Подготовка к защите	Исполнитель	26											1	2	3	

 – Руководитель  – Исполнитель

3.4 Бюджет научного исследования

При планировании бюджета исследования должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы.

3.4.1 Расчет материальных затрат

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$C_M = (1 + k_T) \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расхи} ,$$

где m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования; $N_{расхи}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м² и т.д.); C_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.); k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы, принимаются в пределах 15 – 25 % от стоимости материалов [29, 30].

Основными затратами в данной исследовательской работе являются затраты на электроэнергию. Программное обеспечение по образовательным лицензиям бесплатное. Результаты расчетов по затратам на материалы приведены в таблице 3.13.

Затраты на электроэнергию рассчитываются следующим образом:

$$C = C_{эл} \cdot P \cdot F_{об} ,$$

где $C_{эл}$ – тариф на электроэнергию, для Томска на 2023 год тариф составляет 3,85 руб./(кВт·ч); P – мощность оборудования, у использованного

оборудования мощность питания равна 180 Вт (ноутбук) и 6 кВт (трубчатая печь); $F_{об}$ – время использования оборудования, время использования 408 (ноутбук) и 40 ч (трубчатая печь) часов.

Расчет:

$$C = 3,85 \cdot (0,18 \cdot 408 + 6 \cdot 40) = 1206,74 \text{ руб.}$$

Таблица 3.13 – Материальные затраты

Наименование	Количество, шт.	Цена за ед., руб.	С _м , руб.
Бумага А4	1	250	250
Электроэнергия	313,44	3,85	1206,74
Итого			1456,74

3.4.2 Затраты на специальное оборудование

При выполнении ВКР использовалось личное оборудование и трубчатая печь, расположенная в 10 корпусе ТПУ в 001В аудитории. Рассчитаем сумму амортизационных отчислений:

$$C_a = \sum_{i=1}^n \frac{C_{бал} \cdot H_a \cdot g_i \cdot t}{\Phi_{эф}}, \quad (3.2)$$

где $C_{бал}$ – стоимость вида оборудования; H_a – норма годовых амортизационных отчислений; g_i – количество единиц оборудования; t – время работы оборудования; $\Phi_{эф}$ – эффективный фонд времени работы оборудования;

В работе спецоборудованием является ноутбук стоимостью 50000 рублей и трубчатая печь Carbolite STF 15/610 стоимостью 2850000 рублей. Норма амортизации 25 %. Время использования оборудования $51 \cdot 8/24 = 17$ дней (ноутбук) и $5 \cdot 8/24 = 1,67$ день.

$$C_a = \frac{0,25 \cdot (50000 \cdot 17 + 2850000 \cdot 1,67)}{251} = 5587,15 \text{ руб.}$$

3.4.3 Заработная плата исполнителей ВКР

Заработная плата исполнителей ВКР складывается из основной и дополнительной:

$$C_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп} \quad (3.3)$$

Основную заработную плату можно определить так:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_{раб}, \quad (3.4)$$

где $Z_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника; $T_{раб}$ – продолжительность работ.

Среднедневная заработная плата работника определяется по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} \quad (3.5)$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника; M – количество месяцев работы без отпуска в течение года (10,4 месяца, при отпуске в 48 рабочих дней, 6-дневная неделя); F_d – расчетный годовой фонд рабочего времени персонала.

Таблица 3.14 – Расчетный годовой фонд рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
-выходные дни	52	52
-праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени		
-отпуск	48	48
-невыходы по болезни	-	-
Действительный годовой фонд рабочего времени	251	251

Расчет среднедневной заработной платы и основной заработной платы для научного руководителя (оклад профессора, доктора наук 52700 руб.):

$$Z_{\text{дн}} = \frac{68510 \cdot 10,4}{251} = 2838,7 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{осн}} = 2838,7 \cdot 16 = 45419,2 \text{ руб.}$$

Для студента (при расчетах принимается, что оклад студента принимается равным минимальному размеру оплаты труда 13890 руб.):

$$Z_{\text{дн}} = \frac{18057 \cdot 10,4}{251} = 748,2 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{осн}} = 748,2 \cdot 56 = 41899,2 \text{ руб.}$$

Таблица 3.15 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	$Z_{\text{тс}}$, руб.	$k_{\text{р}}$	$Z_{\text{м}}$, руб.	$Z_{\text{дн}}$, руб	$T_{\text{р}}$, раб.дн.	$Z_{\text{осн}}$, руб.
Руководитель	52700	1,3	68510	2838,7	16	45419,2
Исполнитель	13890	1,3	18057	748,2	56	41899,2
Итого						87318,4

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций (при исполнении государственных и общественных обязанностей, при совмещении работы с обучением, при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска и т.д.).

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}}. \quad (3.6)$$

где $Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата, руб.; $k_{\text{доп}} = 0,14$ – коэффициент дополнительной зарплаты; $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата, руб.

Таблица 3.16 – Заработная плата исполнителей ВКР

Заработная плата	Руководитель	Исполнитель
Основная зарплата $Z_{\text{осн}}$, руб.	45419,2	41899,2
Дополнительная зарплата $Z_{\text{доп}}$, руб.	6358,69	5865,89
Итого по статье $Z_{\text{зп}}$, руб.	51777,89	47765,09
Итого	99542,98	

3.4.4 Отчисления во внебюджетные фонды

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется по формуле:

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot Z_{\text{общ}} \quad (3.7)$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды, варьируется от 30 до 35 %. При расчетах примем, что $k_{\text{внеб}} = 30,2$ % для образовательных и научных учреждений.

Из предыдущих пунктов, $Z_{\text{общ}} = 133786,3$ руб. Тогда величина отчислений составит:

$$C_{\text{внеб}} = 0,302 \cdot 99542,98 = 30061,98 \text{ руб.}$$

3.4.5 Накладные расходы

Вычисление накладных расходов производится по формуле:

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} \cdot Z_{1-3} \quad (3.8)$$

где $k_{\text{накл}}$ – коэффициент накладных расходов, при расчете примем равным 16 %.

$$C_{\text{накл}} = 0,16 \cdot 106586,87 = 17053,9 \text{ руб.}$$

3.4.6 Формирование бюджета затрат ВКР

На основании проведенных расчетов, составим таблицу с полученными затратами ВКР.

Таблица 3.17 – Бюджет затрат ВКР

Затраты	Сумма, руб.
Материальные затраты	1456,74
Затраты на специальное оборудование	5587,15
Заработная плата исполнителей проекта	99542,98
Отчисления во внебюджетные фонды	30061,98
Накладные расходы	17053,9
Итого	153702,75

3.5 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить по формуле $I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i$, где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки; a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки; b_i^a, b_i^b – балльная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности данного исследования представлен в таблице 3.18. В качестве аналога выступает жидкая фаза, как второй способ хранения водорода.

Таблица 3.18 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Аналог
1.Экономичность	0,15	4	3
2.Удобство в эксплуатации	0,15	5	4
3. Закрытость получаемых данных	0,15	4	4
4. Доступность	0,1	5	4
5. Надежность	0,25	4	4
6. Затраты на разработку	0,2	4	3
Итого	1	4,25	3,65

$$I_p = 0,15 \cdot 4 + 0,15 \cdot 5 + 0,15 \cdot 4 + 0,1 \cdot 5 + 0,25 \cdot 4 + 0,2 \cdot 4 = 4,25;$$

$$I_a = 0,15 \cdot 3 + 0,15 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 + 0,1 \cdot 4 + 0,25 \cdot 4 + 0,2 \cdot 3 = 3,65.$$

Интегральный финансовый показатель разработки определяется по формуле

$$I_{\phi}^p = \frac{\Phi_i}{\Phi_{\max}},$$

где Φ_i – стоимость i -го варианта исполнения; Φ_{\max} – максимальная стоимость исполнения НТИ.

$$I_{\phi}^p = \frac{\Phi_p}{\Phi_{\max}} = \frac{312572}{350000} = 0,89;$$

$$I_{\phi}^a = \frac{\Phi_a}{\Phi_{\max}} = \frac{180000}{200000} = 0,9.$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ($I_{\text{финр}}^p$) и аналога ($I_{\text{финр}}^a$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формулам

$$I_{\text{финр}}^p = \frac{I_p}{I_{\phi}^p},$$

$$I_{\text{финр}}^a = \frac{I_a}{I_{\phi}^a};$$

$$I_{\text{финр}}^p = \frac{I_p}{I_{\phi}^p} = \frac{4,25}{0,89} = 4,77;$$

$$I_{\text{финр}}^a = \frac{I_a}{I_{\phi}^a} = \frac{3,65}{0,9} = 4.$$

Сравнение интегрального показателя эффективности текущего проекта и аналогов позволит определить сравнительную эффективность проекта.

Сравнительная эффективность проекта определяется по формуле

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{\text{финр}}^p}{I_p} \text{ (таблица 3.19).}$$

Таблица 3.19 – Сравнительная эффективность разработки

Показатели	Аналог	Разработка
Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки и аналогов	3,65	4,25
Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки и аналога	4	4,77
Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,09	1,12

На основе расчета интегрального показателя с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности научного исследования можно сделать вывод о том, что разрабатываемый проект является более эффективным вариантом решения поставленной задачи по сравнению с предложенным аналогом.

3.6 Выводы по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

1. Анализ конкурентных технических решений показал, что использование углеродной матрицы имеет преимущество в надежности и затратах на производство топлива.

2. Из SWOT-анализа установлено, что трудности и проблемы, с которыми так или иначе может столкнуться данный исследовательский проект можно будет решить за счет имеющихся сильных сторон разработки.

3. Бюджет проекта составил 153702,75 рублей.

4. Произведена сравнительная характеристика эффективности разработки на основании интегрального показателя эффективности. Реализация проекта в первом исполнении является более эффективным вариантом.

5. Оценка абсолютной эффективности НИ показала, что проект является эффективным с точки зрения целесообразности инвестирования денежных средств, со сроком окупаемости 2,26 года.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
0AM11	Третьяковой Анастасии Владимировне

Школа	ИЯТШ	Отделение (НОЦ)	ОЯТЦ
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	14.04.02 Ядерные физика и технологии

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объект исследования: свойства углеродных материалов, используемых при сорбции водорода и веществ, выступающих в роли пластификаторов при фабрикации таблеток
--	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<ul style="list-style-type: none"> – Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 19.12.2022);
2. Производственная безопасность: <p>2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов</p> <p>2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия</p>	<p>Вредные и опасные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> – отклонение показателей микроклимата; – повышенный уровень электромагнитных излучений; – недостаточная освещенность рабочей зоны; – повышенный уровень шума; – психофизиологические факторы; – опасность поражения электрическим током.
4. Безопасность в аварийных и чрезвычайных ситуациях:	<ul style="list-style-type: none"> – выбор и описание типичной АСиЧС – пожар, удар током, падение с высоты собственного роста; – обоснование мероприятий по предотвращению АСиЧС; – порядок действий при возникновении АСиЧС.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	27.01.2023
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЯТЦ ИЯТШ ТПУ	Передерин Ю.В.	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0AM11	Третьякова А.В.		

4 Социальная ответственность

Данная ВКР направлена на исследование свойств таблеток, состоящих из модельного топлива и углеродной матрицы, на различных стадиях их изготовления. Эксперименты проводились в лаборатории № 001В 10 корпуса Томского политехнического университета, при этом использовался гидравлический пресс и трубчатая печь фирмы Carbolite.

В разделе рассмотрены опасные и вредные факторы, оказывающие влияние на процесс исследования, рассмотрены воздействия исследуемого объекта на окружающую среду, правовые и организационные вопросы, а также мероприятия в чрезвычайных ситуациях.

Производственные условия на рабочем месте характеризуются наличием опасных и вредных факторов, которые классифицируются по группам элементов: физические, химические, биологические, психофизиологические.

При работе на ПЭВМ и на оборудовании: гидравлический пресс Carver В, трубчатая печь фирмы Carbolite, модель STF, на инженера воздействуют следующие факторы:

1. Физические:
 - 1.1 Температура и влажность воздуха;
 - 1.2 Шум;
 - 1.3 Статическое электричество;
 - 1.4 Электромагнитное поле низкой частоты;
 - 1.5 Освещенность;
 - 1.6 Наличие излучения.
2. Психофизические:
 - 2.1 Физические перегрузки (статические, динамические);
 - 2.2 Длительная, монотонная работа, требующая постоянной концентрации;
 - 2.3 Нервно-психические перегрузки (умственное напряжение, монотонность труда, эмоциональные перегрузки).

4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

4.1.1 Правовые нормы трудового законодательства

Основные положения по охране труда изложены в Трудовом кодексе Российской Федерации. В этом документе указано, что охрана здоровья трудящихся, обеспечение безопасных условий труда, ликвидация профессиональных заболеваний и производственного травматизма являются одной из главных забот государства.

Согласно Трудовому кодексу Российской Федерации, каждый работник имеет право на:

- 1) рабочее место, соответствующее требованиям охраны труда;
- 2) обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний;
- 3) получение достоверной информации от работодателя, соответствующих государственных органов и общественных организаций об условиях и охране труда на рабочем месте, о существующем риске повреждения здоровья, а также о мерах по защите от воздействия вредных и (или) опасных производственных факторов;
- 4) отказ от выполнения работ в случае возникновения опасности для его жизни и здоровья вследствие нарушения требований охраны труда;
- 5) обеспечение средствами индивидуальной и коллективной защиты в соответствии с требованиями охраны труда за счет средств работодателя;
- 6) обучение безопасным методам и приемам труда за счет средств работодателя;
- 7) личное участие или участие через своих представителей в рассмотрении вопросов, связанных с обеспечением безопасных условий труда на его рабочем месте, и в расследовании происшедшего с ним несчастного случая на производстве или профессионального заболевания;

Оптимальное размещение предметов труда и документации в зонах досягаемости рук:

- 1) дисплей размещается в зоне «а» (в центре);
- 2) клавиатура - в зоне «г» и «д»;
- 3) системный блок размещается в зоне «б» (слева);
- 4) принтер находится в зоне «а» (справа);
- 5) литература и документация, необходимая при работе находится в зоне легкой досягаемости ладони – «в» (слева);
- б) в выдвижных ящиках стола - литература, не используемая постоянно.

Требования к оснащению рабочего места приведены в таблице 4.1 [33].

Таблица 4.1 – Требования к оснащению рабочего места, предусматривающего длительную работу за ПК

Ширина рабочего стола	От 80 до 140 см
Высота рабочего стола	75 см
Глубина рабочего стола	От 60 до 80 см
Расстояние от глаз до монитора	От 50 до 60 см
Расстояние клавиатуры от края стола	От 10 до 30 см
Сидение	Должно позволять регулировку по высоте, повороту и углу наклона спинки (регулировки должны быть независимыми друг от друга)
Пространство для ног	Ширина от 30 см, глубина – от 40 см, с углом наклона до 20 градусов

Монитор должен располагаться на уровне глаз оператора на расстоянии 500-600 мм. Угол наблюдения в горизонтальной плоскости должен быть не более 45 градусов к нормали экрана. Должна быть возможность выбирать уровень контрастности и яркости изображения на экране [33].

Также должна предусматриваться возможность регулировки экрана монитора [33]:

- 1) по высоте +3 см;

- 2) наклон относительно вертикали 10-20 градусов;
- 3) в левом и правом направлениях.

Клавиатуру должна располагаться на поверхности стола на расстоянии 100 – 300 мм от края, на уровне локтя оператора с углом наклона к горизонтальной плоскости 15°. Конструкция клавиши должна обеспечивать оператору ощущение щелчка. Цвет клавиш должен контрастировать с цветом панели.

В случае если работа оператора предполагает однообразную умственную работу, которая требует значительного нервного напряжения и большого сосредоточения, то лучше всего выбирать неяркие, малоконтрастные цветовые оттенки, которые не ослабляют внимание. Если работа требует большой умственной и физической напряженности, тогда следует использовать более теплые оттенки, которые способствуют повышению концентрации внимания [33].

4.2 Производственная безопасность

4.2.1 Анализ вредных и опасных факторов

Группы производственных условий, характеризующиеся наличием опасных и вредных факторов:

- 1) физические;
- 2) химические;
- 3) психофизиологические;
- 4) биологические.

Опасные и вредные факторы, воздействующие на персонал при работе с ПЭВМ приведены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Возможные опасные и вредные факторы

Факторы	Нормативные документы
1. Отклонение показателей микроклимата	СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений [34]
2. Повышенный уровень электромагнитного излучения	ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот [35]
3. Недостаточная освещенность рабочей зоны	СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и общественных зданий [36]
4. Превышение уровня шума	СН 2.2.4/2.1.8.562–96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки [37]
5. Психофизиологические факторы	СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03. «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы» [33]
6. Поражение электрическим током	ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов [38]
7. Пожаровзрывоопасность	ГОСТ 12.1.044-2018 ССБТ Пожаровзрывоопасность веществ и материалов [39]

К психологически вредным факторам, воздействующим на персонал, относятся [40]:

- 1) нервно - эмоциональные перегрузки;
- 2) умственное напряжение;
- 3) физические перегрузки.

Биологические и химические вредные производственные факторы отсутствуют.

4.2.2 Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия вредных и опасных факторов

В соответствии с основными требованиями к помещениям для эксплуатации ПЭВМ они должны иметь естественное и искусственное освещение. Площадь на одно рабочее место пользователей ПЭВМ должна составлять не менее 6 м² [33].

4.2.3 Отклонение показателей микроклимата

Воздух рабочей зоны (микроклимат) производственных помещений определяют следующие параметры: температура, относительная влажность, скорость движения воздуха. Оптимальные значения характеристик микроклимата устанавливаются в соответствии с нормами и приведены в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Оптимальные параметры микроклимата

Период года	Температура, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный и переходный	23-25	40-60	0,1
Теплый	22-24	40	0,1

Отклонение показателей микроклимата от нормы может приводить к возникновению общих и локальных ощущений теплового дискомфорта, напряжению механизмов терморегуляции, ухудшению самочувствия и понижению работоспособности.

Для обеспечения установленных норм микроклиматических параметров и чистоты воздуха на рабочих местах и в помещениях применяют вентиляцию. Общеобменная вентиляция используется для обеспечения в помещениях соответствующего микроклимата. Периодически должен вестись контроль влажностью воздуха. В летнее время при высокой уличной температуре должны использоваться системы кондиционирования [41].

К мероприятиям по оздоровлению воздушной среды в производственном помещении относятся: правильная организация вентиляции и кондиционирования воздуха, отопление помещений. Вентиляция может осуществляться естественным и механическим путём. Оптимальная кратность воздухообмена в производственных помещениях находится в достаточно широких пределах: от 3 до 40 раз в час [41]. В используемой лаборатории установлен высоконапорный вытяжной вентилятор марки ВР-12-26-4 производительностью $Q = 2400 - 4400 \text{ м}^3/\text{час}$. Объем лаборатории составляет:

$$V = a \cdot b \cdot h \quad (4.1)$$

$$V = 6 \text{ м} \cdot 5,25 \text{ м} \cdot 2,5 \text{ м} = 78,75 \text{ м}^3.$$

Данный вентилятор обеспечивает следующую кратность воздухообмена (BO) в лаборатории:

$$BO = \frac{Q}{V} \quad (4.2)$$

$$BO = \frac{2400 \div 4400}{78,75} = 30,5 \div 55,9.$$

Таким образом установлено, что микроклимат в используемой аудитории №001В корпуса № 10 ТПУ соответствует оптимальным условиям работы [34].

4.2.4 Повышенный уровень электромагнитного излучения

Экран и системные блоки ПЭВМ производят электромагнитное излучение. Основная его часть происходит от системного блока и видеокабеля. Напряженность электромагнитного поля на расстоянии 50 см вокруг экрана по электрической составляющей должна соответствовать таблице 4.4.

Повышенный уровень электромагнитного излучения может негативно влиять на организм человека: приводить к нервным расстройствам; нарушению сна; значительному ухудшению зрительной активности;

ослаблению иммунной системы; расстройствам сердечно-сосудистой системы [35].

Таблица 4.4 – Допустимые уровни параметров электромагнитного поля

Наименование параметров		Величина допустимого уровня
Напряженность электромагнитного поля	Диапазон частот 5 Гц – 2 кГц	25 В/м
	Диапазон частот 2 кГц – 400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного потока	Диапазон частот 5 Гц – 2 кГц	250 нТл
	Диапазон частот 2 кГц – 400 кГц	25 нТл

Для защиты от ЭМП увеличивают расстояние от источника (экран должен находиться на расстоянии не менее 50 см от пользователя).

4.2.5 Недостаточная освещенность рабочей зоны

Утомляемость органов зрения может быть связана как с недостаточной освещенностью, так и с чрезмерной освещенностью либо с неправильным направлением света.

По нормативам [36] освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа должна быть 300-500 лк. Освещение не должно создавать бликов на поверхности экрана. Освещенность поверхности экрана не должна быть более 300 лк.

Яркость светильников общего освещения в зоне углов излучения от 50 до 90° с вертикалью в продольной и поперечной плоскостях должна составлять не более 200 кд/м, защитный угол светильников должен быть не менее 40°. Коэффициент запаса (Кз) для осветительных установок общего освещения должен приниматься равным 1,4. Коэффициент пульсации не должен превышать 5 %.

Искусственное освещение в помещениях для эксплуатации ПЭВМ должно осуществляться системой общего равномерного освещения.

В производственных и административно-общественных помещениях, в случаях преимущественной работы с документами, следует применять системы:

- 1) комбинированного освещения (к общему освещению дополнительно устанавливаются светильники;
- 2) местного освещения, предназначенные для освещения зоны расположения документов) [36].

Площадь помещения:

$$S = a \cdot b, \quad (4.3)$$

где A – длина, м; B – ширина, м.

$$S = 6 \cdot 5,35 = 31,1 \text{ м}^2,$$

Коэффициент отражения свежепобеленных стен с окнами, без штор $\rho_c = 50 \%$, свежепобеленного потолка $\rho_{II} = 70 \%$. Коэффициент запаса, учитывающий загрязнение светильника, для помещений с малым выделением пыли равен $K_z = 1,5$. Коэффициент неравномерности для светодиодных лент $Z = 1,1$.

Выбираем светодиоды Varton 9w, световой поток которых равен $\Phi_{лд} = 2900 \text{ Лм}$.

Выбираем светильники со светодиодами типа Diora LPO. Этот светильник имеет две светодиодные ленты мощностью 9 Вт каждая, длина светильника равна 1260 мм, ширина – 124 мм.

Интегральным критерием оптимальности расположения светильников является величина λ , которая для светодиодных светильников с защитным рассеивателем лежит в диапазоне 1,1 – 1,3. Принимаем $\lambda = 1,1$, расстояние светильников от перекрытия (свес) $h_c = 0,5 \text{ м}$.

Высота светильника над рабочей поверхностью определяется по формуле:

$$h = h_n - h_p, \quad (4.4)$$

где h_n – высота светильника над полом, высота подвеса, h_p – высота рабочей поверхности над полом.

Наименьшая допустимая высота подвеса над полом для двухлентовых светильников Diora: $h_n = 3,5$ м.

Высота светильника над рабочей поверхностью определяется по формуле:

$$h = H - h_p - h_c = 3,5 - 1 - 0,5 = 2 \text{ м.} \quad (4.5)$$

Из формулы

$$\Phi_n = \frac{(E \cdot S \cdot K_3 \cdot Z)}{N \cdot \eta} \quad (4.6)$$

находим число светодиодных лент N:

$$N = \frac{(E \cdot S \cdot K_3 \cdot Z)}{\Phi_n \cdot \eta}. \quad (4.7)$$

η определяем через индекс помещения по формуле:

$$i = \frac{(a \cdot b)}{h \cdot (a + b)}, \quad (4.8)$$

$$i = \frac{6 \cdot 5,35}{2(6 + 5,35)} \approx 1,4.$$

Коэффициент использования светового потока, показывающий какая часть светового потока ламп попадает на рабочую поверхность, для светильников типа Diora со светодиодными лентами при $\rho_{\text{п}} = 50 \%$, $\rho_{\text{с}} = 70 \%$ и индексе помещения $i = 1,5$ равен $\eta = 0,48$.

Тогда

$$N = \frac{300 \cdot 32,1 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{2900 \cdot 0,48} = 11,4 \text{ лент.}$$

Принимаем количество светодиодных лент 12. При этом получается 6 светильников, то есть 2 ряда по 3 светильника.

Потребный световой поток светодиодных ламп:

$$\Phi_l = \frac{300 \cdot 32,1 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{12 \cdot 0,48} = 2759 \text{ лм.}$$

Из условий равномерности освещения определяем расстояния L_1 и $\frac{L_1}{3}$,

L_2 и $\frac{L_2}{3}$ по следующим уравнениям:

$$6000 = L_1 + \frac{2}{3} \cdot L_1 + 2 \cdot 124; L_1 = 3451 \text{ мм, } \frac{L_1}{3} = 1150 \text{ мм;} \quad (4.9)$$

$$5350 = 2 \cdot L_2 + \frac{2}{3} \cdot L_2 + 3 \cdot 1260; L_2 = 588,75 \text{ мм, } \frac{L_2}{3} = 196,25 \text{ мм;} \quad (4.10)$$

На рисунке 4.2 изображен план помещения и размещения светильников со светодиодными лентами в лаборатории №001В 10 учебного корпуса ТПУ.

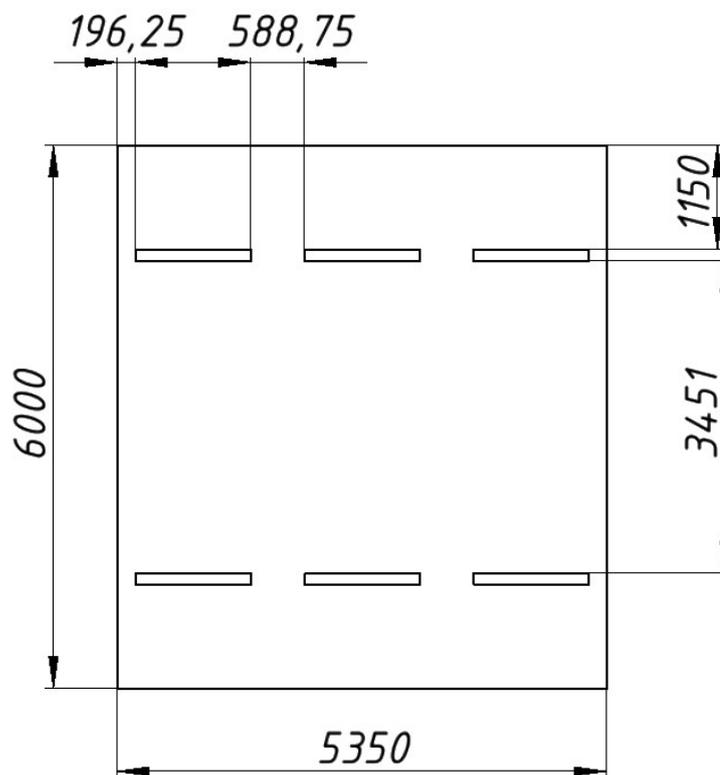


Рисунок 4.2 – План помещения и размещения светильников со светодиодными лентами

Делаем проверку выполнения условия:

$$-10\% \leq \frac{(\Phi_{л0} - \Phi_l)}{\Phi_{л0}} \cdot 100\% \leq 20\%; \quad (4.11)$$

$$\frac{(\Phi_{л0} - \Phi_{л})}{\Phi_{л0}} \cdot 100\% = \frac{(2900 - 2759)}{2900} \cdot 100\% = 4,9 \%$$

Таким образом, получено, что необходимый световой поток не выходит за пределы требуемого диапазона. Мощность осветительной установки получилась:

$$P = 12 \cdot 9 = 108 \text{ Вт.}$$

Рассчитанное количество светильников и расстояние между ними в лаборатории №001В 10 учебного корпуса ТПУ соответствует фактическому.

4.2.6 Превышение уровня шума

Шум является общебиологическим раздражителем. Шум оказывает влияние на слуховой анализатор, действует на структуры головного мозга, вызывая сдвиги в различных функциональных системах организма. Шум может создаваться работающим оборудованием, установками кондиционирования воздуха, осветительными приборами дневного света, а также проникать извне. При выполнении работы на ПЭВМ уровень шума на рабочем месте не должен превышать 50 дБ.

Выделяют следующие неблагоприятные воздействия шума на организм человек: снижение разборчивости речи; неприятные ощущения; развитие утомления; снижение производительности труда; появление шумовой патологии.

В таблице 4.5 приведены нормы уровня шума при различных видах работ [37].

Таблица 4.5 – Нормативы уровня шума при различных видах работ

	Максимально допустимый уровень шума (дБ), в полосах следующих октав (Гц)									Эквивалентные уровни шума, дБА
	86	71	61	54	49	45	42	40	38	
Научная работа, расчеты, конструирование	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50
Офисы, лаборатории	93	79	70	68	58	55	52	52	49	55

4.2.7 Психофизиологические факторы

Шум, являясь общебиологическим раздражителем, оказывает влияние не только на слуховой анализатор, но и действует на структуры головного мозга, вызывая сдвиги в различных функциональных системах организма. Среди многочисленных проявлений неблагоприятного воздействия шума на организм человека выделяются: снижение разборчивости речи, неприятные ощущения, развитие утомления и снижение производительности труда, появление шумовой патологии. В нашем случае источником шума является откачивающий компрессор. Уровень шума компрессора менее 55 дБ, что соответствует санитарным нормам [37], приведенным в таблице 4.5.

В лаборатории №001В 10 учебного корпуса ТПУ уровень шума соответствует санитарным нормам [37].

4.2.8 Поражение электрическим током

Рабочее помещение относится к 1-й категории по электробезопасности, так как на рабочем месте отсутствуют электроустановки с напряжением свыше 1000 В [38, 42].

Существует опасность электропоражения в следующих случаях:

- при непосредственном прикосновении к токоведущим частям во время ремонта;
- при прикосновении к нетоковедущим частям, оказавшимся под напряжением (в случае нарушения изоляции токоведущих частей);
- при прикосновении с полом, стенами, оказавшимися под напряжением;
- при коротком замыкании в высоковольтных блоках: блоке питания и блоке дисплейной развёртки [42].

Степень опасного воздействия электрического тока на организм человека зависит от:

- рода и величины напряжения и тока;
- частоты электрического тока;

- пути прохождения тока через тело человека;
- продолжительности воздействия на организм человека;
- условий внешней среды [42].

Электрический ток оказывает на человека термическое, электролитическое, механическое и биологическое воздействие [42].

Термическое воздействие тока проявляется в ожогах, нагреве кровеносных сосудов и других органов, в результате чего в них возникают функциональные расстройства [42].

Электролитическое действие тока характеризуется разложением крови и других органических жидкостей, что вызывает нарушения их физико-химического состава [42].

Механическое действие тока проявляется в повреждениях (разрыве, расслоении и др.) различных тканей организма в результате электродинамического эффекта [42].

Биологическое действие тока на живую ткань выражается в опасном возбуждении клеток и тканей организма, сопровождающемся произвольными судорожными сокращениями мышц. В результате такого возбуждения может возникнуть нарушение, и даже полное прекращение деятельности органов дыхания и кровообращения [42].

Основными мероприятиями по защите от поражения электрическим током являются [42]:

обеспечение недоступности токоведущих частей путём использования изоляции в корпусах оборудования;

применение средств коллективной защиты от поражения электрическим током;

использование защитного заземления, защитного зануления, защитного отключения;

использование устройств бесперебойного питания.

Технические способы и средства применяют отдельно или в сочетании друг с другом так, чтобы обеспечивалась оптимальная защита.

Организационными мероприятиями по электробезопасности являются периодические и внеплановые инструктажи. Периодический инструктаж проводится всему неэлектротехническому персоналу, выполняющему следующие работы: включение и отключение электроприборов, уборка помещений вблизи электрощитов, розеток и выключателей и т.д. Весь неэлектротехнический персонал должен быть аттестован на первую квалификационную группу по электробезопасности. Периодический инструктаж проводится не менее одного раза в год [42].

Внеплановый инструктаж проводится руководителем подразделения при введении в эксплуатацию нового технического электрооборудования.

При выполнении ВКР в лаборатории №001В 10 корпуса ТПУ применена трубчатая печь фирмы Carbolite. Данная печь питается от сети с промышленным напряжением 380 В. При использовании данного оборудования строго выполнялись требования по электробезопасности. Лаборатория №001В 10 корпуса ТПУ относится к 1-й категории по электробезопасности, так как на рабочем месте отсутствуют электроустановки с напряжением свыше 1000 В

4.2.9 Требования безопасности во время работы с прессом

Для обеспечения безопасности во время работы с прессом оператор обязан соблюдать и выполнять следующие правила [43]:

1. Выполнять указания руководителя.
2. Контролировать соблюдение заданного режима при прессовании.
3. Непрерывно наблюдать за давлением и уровнем масла в прессе.
4. Вести наблюдение за герметичностью всех соединений технологических трубопроводов, шлангов и гидроцилиндров.
5. Отсоединять шланги, только убедившись, что арматура отключена, и давление по манометру полностью сброшено.

Во время работы не разрешается:

1. Вести у пресса какие-либо работы, не относящиеся к прессованию.

2. Производить ремонт и подтягивать резьбовые соединения оборудования, находящегося под давлением.

3. Использование открытого огня на рабочем месте.

4. Присутствие посторонних людей.

5. Оставлять без надзора работающий пресс.

При работе на прессе аварийные остановки производятся в следующих случаях:

1. при несчастном случае с работающими;

2. при срыве или разрыве маслопроводов;

3. при обнаружении утечки в соединениях маслопроводов и арматуры;

4. при нарушении в работе электрооборудования;

5. при возможности возникновения пожара.

В этих случаях оператор обязан:

1. отключить электропитание прессы;

2. оказать первую медицинскую помощь пострадавшим;

3. приступить к тушению пожара;

4. сообщить о случившемся руководителю;

5. принять необходимые меры по ликвидации обнаруженного повреждения.

По окончании работы необходимо:

1. опустить верхнюю плиту прессы;

2. отключить электропитание прессы;

3. снизить давление масла в гидросистеме;

4. убрать и привести в порядок рабочее место и доложить руководителю об окончании работ.

4.3 Пожарная безопасность

4.3.1 Основы пожарной безопасности

Согласно [44], в зависимости от характеристики используемых в производстве веществ и их количества, по пожарной и взрывной опасности

помещения подразделяются на категории А, Б, В, Г, Д. Так как помещение по степени пожаровзрывоопасности относится к категории В, т.е. к помещениям с твердыми сгорающими веществами, необходимо предусмотреть ряд профилактических мероприятий.

Возможные причины возгорания:

- неисправность токоведущих частей установок;
- работа с открытой электроаппаратурой;
- короткие замыкания в блоке питания;
- несоблюдение правил пожарной безопасности;
- работа в интервале высоких температур;
- наличие горючих компонентов: документы, двери, столы, изоляция кабелей и т.п.

Мероприятия по пожарной профилактике подразделяются на: организационные, технические, эксплуатационные и режимные.

Организационные мероприятия предусматривают правильную эксплуатацию оборудования, правильное содержание зданий и территорий, противопожарный инструктаж рабочих и служащих, обучение производственного персонала правилам противопожарной безопасности, издание инструкций, плакатов, наличие плана эвакуации.

К техническим мероприятиям относятся: соблюдение противопожарных правил, норм при проектировании зданий, при устройстве электропроводов и оборудования, отопления, вентиляции, освещения, правильное размещение оборудования.

К режимным мероприятиям относятся, установление правил организации работ, и соблюдение противопожарных мер. Для предупреждения возникновения пожара от коротких замыканий, перегрузок и т. д. необходимо соблюдение следующих правил пожарной безопасности:

- исключение образования горючей среды (герметизация оборудования, контроль воздушной среды, рабочая и аварийная вентиляция);

- применение при строительстве и отделке зданий негорючих или трудно сгораемых материалов;
- правильная эксплуатация оборудования (правильное включение оборудования в сеть электрического питания, контроль нагрева оборудования);
- правильное содержание зданий и территорий (исключение образования источника воспламенения – предупреждение самовозгорания веществ, ограничение огневых работ);
- обучение производственного персонала правилам противопожарной безопасности;
- издание инструкций, плакатов, наличие плана эвакуации;
- соблюдение противопожарных правил, норм при проектировании зданий, при устройстве электропроводов и оборудования, отопления, вентиляции, освещения;
- правильное размещение оборудования;
- своевременный профилактический осмотр, ремонт и испытание оборудования.

4.3.2 Правила пожарной безопасности при работе с трубчатой печью

При возникновении аварийной ситуации необходимо:

- сообщить руководителю (дежурному);
- позвонить в соответствующую аварийную службу или МЧС – тел. 112;
- принять меры по ликвидации аварии в соответствии с инструкцией.

При нагреве образцов в трубчатой печи следует строго соблюдать ряд правил, изложенных в прилагаемой к ней технической документации:

Печь следует установить в хорошо вентилируемом помещении вдали от источников тепла и на поверхности, устойчивой к случайным разливам горячих материалов. Не ставить печь на воспламеняемом основании.

Обеспечить свободное пространство вокруг печи. Не блокировать вентиляционные отверстия в блоке управления: они необходимы для охлаждения.

Печь должна быть расположена таким образом, чтобы ее можно было быстро выключить и отсоединить от электропитания.

Срок службы нагревательных элементов сокращается при использовании при температурах, близких к максимальной. Без необходимости не оставлять печь при высокой температуре. Максимальная температура указана на идентификационной табличке печи.

Убедиться, что рядом нет воспламеняемых объектов, на которые может упасть рабочая трубка в случае разлома.

Лаборатория №001В 10 корпуса ТПУ относится к категории В по пожаро-взрывобезопасности [44].

4.4 Безопасность в аварийных и чрезвычайных ситуациях

Аварийная и чрезвычайная ситуация (АСиЧС) – обстановка, сложившаяся на определенной территории в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которая может повлечь за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей природной среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей.

При проведении исследования наиболее вероятной ЧС является пожар. Пожар в рабочем помещении может возникнуть вследствие причин неэлектрического и электрического характера. В таблице 4.6 рассмотрены возможные аварийные и чрезвычайные ситуации, методы по их предотвращению и ликвидации их последствий.

Таблица 4.6 – Аварийные и чрезвычайные ситуации, методы их предотвращения и ликвидации последствий

№	АСиЧС	Меры предотвращения АСиЧС	Меры по ликвидации последствий АСиЧС
1	Пожар	Проведение вводного и повторного (через 6 мес.) инструктажа; Соблюдение технологических режимов производства; Создание условий для эвакуации персонала	Вызов пожарной службы и спасателей (тел. 112); Вызов скорой медицинской помощи
2	Удар током	Проведение вводного и повторного (через 6 мес.) инструктажа; Содержание энергетических сетей в исправном состоянии	Вызов скорой медицинской помощи (тел. 030, 112); Оказание первой помощи
3	Травмирование в результате падения с высоты	Проведение вводного и повторного (через 6 мес.) инструктажа; Создание систем предупреждения падений; Соблюдать требования безопасности при выполнении работ на высоте	Вызов скорой медицинской помощи (тел. 030, 112); Оказание первой помощи

4.5 Выводы по разделу «Социальная ответственность»

В данной главе проведен анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований:

- 1) микроклимат [34];
- 2) шум [37];
- 3) электромагнитное излучение [35];
- 4) освещенность [36];
- 5) психофизиологические факторы [40];
- 6) электробезопасность [38, 42];
- 7) пожаро-взрывобезопасность [39, 44].

Помещение № 001В 10 корпуса ТПУ отнесено:

- 1) по электробезопасности – к 1 классу [38, 42];
- 2) по пожаро-взрывобезопасности – к категории В [39, 44].

Также рассмотрены возможные аварийные и чрезвычайные ситуации, методы их предотвращения и ликвидации последствий.

Conclusion

In the process of research, it was shown that hydrogen can act as an environmentally friendly source of energy, while it seems necessary to modernize the methods of its production and storage.

It has been established that one of the promising methods of hydrogen storage is sorption by carbon materials, in particular, carbon black, which has a well-developed specific surface. It is shown that the most convenient forms of using carbon materials for gas sorption are granules and tablets, since in the case of a powder, equipment may be contaminated with it. As a result, experimental studies of the parameters and conditions for the manufacture of tablets were carried out.

Based on the results of the studies presented in this paper, a number of conclusions can be drawn:

1. A review and comparison of various types of fuel, the safest and most efficient methods of hydrogen storage, properties of carbon materials used in hydrogen sorption; ways to provide a developed inner surface of tablets, as well as substances that act as plasticizers in the manufacture of carbon.

2. The main factors influencing the heating mode of carbon billets, which include the proportion of the plasticizer that is part of the tablet, the rate of billet heating and pressing pressure in the manufacture of samples, are determined.

3. The thermal analysis of the samples of stearates used in the experiments performed during the work made it possible to work out the sintering mode of the tablets under consideration, which makes it possible to avoid their destruction during the heating process.

4. The results of X-ray fluorescence analysis of the tablets obtained from mixtures with nickel stearate confirmed the presence of nickel in them, which, according to the literature data, accelerates the hydrogenation of carbon sorbents.

5. The obtained results of changes in the density and weight of the studied tablets during heating showed that the decrease in the value of these

parameters correlated with each other and was consistent with the amount of plasticizer used, which suggests that stearate acts as a blowing agent.

Thus, the results obtained in this work can serve as a basis for further studies of the structure and sorption properties of carbon tablets and for evaluating the feasibility of their use as an accumulator of hydrogen or other gases.

References

1. Dolgopolov S. YU.. Vvedenie v yaderno-vodorodnuyu energetiku: uchebnoe posobie / S. YU. Dolgopolov, I. V. Lomov, I. V. SHamanin; Tomskij politekhnicheskij universitet (TPU). – Tomsk: TML-Press, 2008. – 186 p.: il.. – ISBN 5-91302-049-9.
2. Malyshenko, S. P. Segodnya i zavtra vodorodnoj energetiki / S. P. Malyshenko, F. N. Pekhota // Energiya: ekonomika, tekhnika, ekologiya nauchno-populyarnyj i obshchestvenno-politicheskij zhurnal: / Rossijskaya akademiya nauk (RAN) . – 2003. – № 1. – P. 2-8. – ISSN 0233-3619.
3. Kuzyk B. Al'ternativa, kotoroj nel'zya ne vospol'zovat'sya // Mirovaya energetika. – 2007. – № 10 (46). – P. 17-19.
4. Zajchenko V. M. Kompleksnaya pererabotka prirodnogo gaza s polucheniem vodoroda dlya energetiki i uglerodnyh materialov shirokogo promyshlennogo primeneniya / V. M. Zajchenko, E. E. SHpil'rajn, V. YA. SHterenberga // Teploenergetika. – 2006. – № 3. – P. 51-57.
5. Makarshin L. L. Osvoenie novyh istochnikov energii // V mire nauki. – 2006. – № 9. – P. 86-89.
6. Ryazancev, E. P. Narabotka, hranenie i ispol'zovanie vodoroda na AES / E. P. Ryazancev, A. F. CHabak, A. I. Ul'yanov // Atomnaya energiya teoreticheskij i nauchno-tekhnicheskij zhurnal: / Rossijskaya akademiya nauk ; Ministerstvo RF po atomnoj energii, yadernogo obshchestva . – 2006. – Vol. 101, № 6. – P. 420-426. – Bibliogr.: 8 nazv.. – ISSN 0004-7163.
7. CHertov V. Vodorodnaya energetika i vysokie tekhnologii // Dragoc. met. Dragoc. kamni. – 2006. – № 4. – P. 152-154.
8. Vodorod. Svoystva, poluchenie, hranenie, transportirovanie, primeneniye. Sprav. izd. / D.YU. Gamburg, V.P. Semenov, N.F. Dubovkin, L.N. Smirnov; Pod red. D.YU. Gamburga, N.F. Dubovkina. M.: Himiya, 1989. – 672 p.
9. Sorensen B. Renewables and hydrogen energy technologies for sustainable development // Int. J. Energy Res. – 2008. – Vol. 32, № 5. – R. 367-368.

10. Little M. Electrical integration of renewable energy into stand-alone power supplies incorporating hydrogen storage / M. Little, M. Thomson, D. Infield // Int. J. Hydrogen Energy. – 2007. – Vol. 32, № 10-11. – P. 1582-1588.
11. Kundu S. Partially hydrogen-ated. Much of the necessary infrastructure for a hydrogen economy is already developing / S. Kundu, T. Mali, M. Fowler // IEEE Eng. Manag. Rev. – 2006. – Vol. 34, № 4. – R. 54-55.
12. Performance of a stand-alone renewable energy system based on energy storage as hydrogen / K. Agbossou [et al.] // IEEE Trans. Energy Convers. – 2004. – Vol. 19, № 3. – P. 633-640.
13. Ponomarev-Stepnoj N. N. Atomno-vodorodnaya energetika - puti razvitiya / N. N. Ponomarev-Stepnoj, A. YA. Stolyarevskij // Energiya: Ekon., tekhn., ekol. – 2004. – № 1. – P. 3-9.
14. Dudarev, V.I. Poluchenie i issledovanie uglerodnyh adsorbentov iz dlinnoplamennyh uglej / V.I. Dudarev, V.A. Domracheva, Koval'skaya L.V. [et al.] // Himiya tverdogo topliva. – 1999. – №1. – P. 36-39.
15. Kinle, H. Aktivnye ugli i ih promyshlennoe primenenie / H. Kinle, E. Bader. – L.: «Himiya», 1984. – 216 p.
16. Tovbin, YU.K. Molekulyarnaya adsorbciya v poristyh telah / YU.K. Tovbin. - M.: FIZMATLIT, 2012. – 624 p.
17. S.M.N. Scapin, D.R.M. Silva, P.P. Joazeiro, ets. // Journal of Material Science: Materials in Medicine. – 2003. – Vol.14, №7. – P.635-640.
18. Use of triethylcitrate plasticizer in the production of poly-L-lactic acid implants with different degradation times / S.M.N. Scapin, D.R.M. Silva, P.P. Joazeiro, M.C. Alberto-Rincon, R.M. Luciano, E.A.R. Duek // Journal of Material Science: Materials in Medicine. – 2003. – Vol.14, №7. – P.635-640.
19. Egoshina YU.A., Pocelueva L.A. Sovremennye vspomogatel'nye veshchestva v tabletochnom proizvodstve // Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya. – 2009. – № 10. – P. 30-33.
20. Mozhegova YU.N. Ustrojstvo avtomatizirovannogo nerazrushayushchego kontrolya mekhanicheskikh svojstv izdelij mashinostroeniya // Sb. nauch. trudov

Mezhdunar.nauchn.-tekhn. konf. «Proizvoditel'nost' i nadezhnost' tekhnologicheskikh sistem v mashinostroenii». Tula: Izd-vo TulGU, 2015. P. 234-238.

21. Tamarkina, YU.V. Svoystva tverdyh produktov termoliza burogo uglya, inpregnirovannogo shcheloch'yu / YU.V. Tamarkina, L.A. Bovan, V.A. Kucherenko // Himiya tverdogo topliva. – 2008. – № 4. – P. 13-18.

22. Habarova, T.V. Vliyanie predvaritel'noj okislitel'noj modifikacii na svoystva adsorbentov iz iskopaemyh uglej / T.V. Habarova, YU.V. Tamarkina, T.G. SHendrik, [et al.] // Himiya tverdogo topliva. – 2000. – №1. – P. 45-52.

23. Berger, Jerzy Development of porosity in brown coal chars on activation carbon dioxide / Jerzy Berger, Teresa Siemieniewska, Kazimierz Tomków // Fuel. – 1976. – V. 55. – № 1. – P. 9-15.

24. Use of triethylcitrate plasticizer in the production of poly-L-lactic acid implants with different degradation times / S.M.N. Scapin, D.R.M. Silva, P.P. Joazeiro, M.C. Alberto-Rincon, R.M. Luciano, E.A.R. Duek // Journal of Material Science: Materials in Medicine. – 2003. – Vol.14, №7. – P.635-640.

25. Kuznecov, A.V. Eksperimental'no-teoreticheskoe obosnovanie vybora sposoba pressovaniya i vspomogatel'nyh veshchestv v tekhnologii tabletirovannyh form: Dis. . d-ra farmac. nauk. / A.V. Kuznecov Pyatigorsk, 2002. – 281 p.

26. Ostrovskij B.C., Virgil'ev YU.S., Kostikov V.I., SHipkov N.N. Iskusstvennyj grafit. – M.: Metallurgiya, 1986. – 272 p.

27. Preparation and characterization of carbon nanotube reinforced silicon nitride composites / Cs. Balazsi, Z. Kónya, F. Wébera, L.P. Biro, P. Arato // Materials Science and Engineering: C. – 2003. – Vol.23, №6-8. – P.1133-1137.

28. Daragan, A.G. Fizika tabletirovaniya i osnovnye tekhnologicheskie processy polucheniya tabletok / A.G. Daragan // Him.-farmac. pr-vo (Obzor, inform.). – M.: CBNIMinmedprom., 1983., № 10. – 38 p.

29. Finansovyj menedzhment, resursoeffektivnost' i resursosberezhenie: uchebno-metodicheskoe posobie / N.A. Gavrikova, L.R. Tuhvatulina, I.G. Vidyaev, G.N. Serikova, N.V. SHapovalova. – Tomsk: NI TPU, 2014. – 73 p.

30. Knysheva E. N. Ekonomika organizacii: uchebnik / E. N. Knysheva, E. E. Panfilova. – Moskva: Forum Infra-M, 2012. – 334 p. – Professional'noe obrazovanie.
31. SHul'min V. A. Ekonomicheskoe obosnovanie v diplomnyh proektah: uchebnoe posobie dlya vuzov / V. A. SHul'min, T. S. Usynina. – Staryj Oskol: TNT, 2012. – 192 p.
32. Trudovoj kodeks Rossijskoj Federacii ot 30.12.2001 №197-FZ (red. ot 19.12.2022, s izm. ot 11.04.2023) (s izm. i dop., vstup. v silu s 01.03.2023) // Tekhekspert : [Electronic resource]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/901807664> (date of the application: 21.05.2023).
33. SanPiN 2.2.2/2.4.1340-03. Sanitarno-epidemiologicheskie pravila i normativy «Gigienicheskie trebovaniya k PEVM i organizacii raboty».
34. SanPiN 2.2.4.548-96. Fizicheskie faktory proizvodstvennoj sredy. Gigienicheskie trebovaniya k mikroklimatu proizvodstvennyh pomeshchenij : utverzhdeny i vvvedeny v dejstvie postanovleniem Goskomsanepidnadzora Rossii ot 1 oktyabrya 1996 g., № 21 // Tekhekspert : [Electronic resource]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/901704046> (date of the application: 21.05.2023).
35. GOST 12.1.006-84 SSBT. Elektromagnitnye polya radiochastot. Dopustimye urovni na rabochih mestah i trebovaniya k provedeniyu kontrolya. // Tekhekspert : [Electronic resource]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/5200272> (date of the application: 21.05.2023).
36. SanPiN 2.2.1/2.1.1.1278-03. Sanitarno-epidemiologicheskie pravila i normativy «Gigienicheskie trebovaniya k estestvennomu, iskusstvennomu i sovmeshchyonnomu osveshcheniyu zhilyh i obshchestvennyh zdanij».
37. SN 2.2.4/2.1.8.562-96. SHum na rabochih mestah, v pomeshcheniyah zhilyh, obshchestvennyh zdanij i na territorii zhiloy zastrojki // Tekhekspert : [Electronic resource]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/901703278> (date of the application: 21.05.2023).
38. GOST 12.1.038-82 SSBT. Elektrobezopasnost'. Predel'no dopustimye znacheniya napryazhenij prikosnoveniya i tokov // Tekhekspert : [Electronic

- resource]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/5200313> (date of the application: 21.05.2023).
39. GOST 12.1.044-2018 SSBT. Pozharovzryvoopasnost' veshchestv i materialov // Tekhekspert : [Electronic resource]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200160696> (date of the application: 21.05.2023).
40. SanPiN 1.2.3685-21. Gigienicheskie normativy i trebovaniya k obespecheniyu bezopasnosti i (ili) bezvrednosti dlya cheloveka faktorov sredy obitaniya (ot 28 yanvarya 2021 g. № 2) // Tekhekspert : [Electronic resource]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/573500115> (date of the application: 21.05.2023).
41. SNIП 41-01-2003 Otoplenie, ventilyaciya i kondicionirovanie. – Moskva, 2004. – 60 p.
42. GOST 12.1.019-2017 SSBT. Elektrobezopasnost'. Obshchie trebovaniya i nomenklatura vidov zashchity // Tekhekspert : [Electronic resource]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200161238> (date of the application: 21.05.2023).
43. GOST 31733-2012 – Pressy gidravlicheskie. – M.: Standartinform, 2016. – 19 p.
44. NPB 105-95. Opredelenie kategorij pomeschenij i zdaniy po vzryvopozharnoj i pozharnoj opasnosti // Tekhekspert : [Electronic resource]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/9051557> (date of the application: 21.05.2023).