

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



Инженерная школа новых производственных технологий
 Направление подготовки: 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»
 Отделение материаловедения

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

| Тема работы |
|--|
| Исследование влияния высокочастотного электрического поля на качество объемной пропитки древесины хвойных пород водными растворами |

УДК 537.312.7.029:676.032:674.048

Студент

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|---------------------------|---------|------|
| 4ТМ61 | Ахметтаев Жанибек Асылулы | | |

Руководитель

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|---------------------------|---------------|---------------------------|---------|------|
| Старший научный сотрудник | Секисов Ф. Г. | к.т.н. | | |

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|--|----------------|---------------------------|---------|------|
| Доцент отделения социально - гуманитарных наук | Старикова Е.В. | к.ф.н. | | |

По разделу «Социальная ответственность»

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|--|-----------------|---------------------------|---------|------|
| Профессор отделения контроля и диагностики | Ахмеджанов Р.Р. | д.б.н. | | |

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

| Руководитель ООП | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-------------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------|------|
| Техника и физика высоких напряжений | Жгун Дмитрий Владимирович | к.т.н. | | |

Томск – 2018 г

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

| Код результата | Результат обучения |
|-------------------------------------|--|
| Универсальные компетенции | |
| Р1 | Способность <i>совершенствовать</i> и развивать свой <i>интеллектуальный и общекультурный уровень</i> , добиваться <i>нравственного и физического совершенствования</i> своей личности, обучению новым методам исследования, к изменению научного и научно-производственного профиля своей профессиональной деятельности. |
| Р2 | Способность <i>использовать иностранный язык в профессиональной сфере</i> . |
| Р3 | Способность применять на практике <i>навыки и умения в организации</i> научно-исследовательских и производственных работ, в <i>управлении</i> коллективом, использовать знания правовых и этических норм при оценке последствий своей профессиональной деятельности |
| Р4 | Способность использовать методологические основы <i>научного познания и творчества</i> , научную информацию в развитии отрасли, навыки проведения работ с использованием <i>современных информационных технологий</i> ; синтезировать и критически резюмировать информацию. |
| Профессиональные компетенции | |
| Р5 | Способность применять <i>углубленные естественнонаучные, математические, социально-экономические и профессиональные знания</i> в междисциплинарном контексте в инновационной инженерной деятельности в области электроэнергетики и электротехники. |
| Р6 | Способность <i>ставить и решать инновационные задачи</i> инженерного анализа в области электроэнергетики и электротехники с использованием глубоких фундаментальных и специальных знаний, аналитических методов и сложных моделей в условиях неопределенности |
| Р7 | Способность выполнять <i>инженерные проекты</i> с применением оригинальных методов проектирования для достижения новых результатов, обеспечивающих конкурентные преимущества электроэнергетического и электротехнического производства в условиях жестких экономических и экологических ограничений. |
| Р8 | Способность выполнять инновационные <i>инженерные исследования</i> в области электроэнергетики и электротехники, включая критический анализ данных из мировых информационных ресурсов. |
| Р9 | Способность проводить <i>технико-экономическое обоснование</i> проектных решений; выполнять организационно-плановые расчеты по созданию или реорганизации производственных участков, планировать работу персонала и фондов оплаты труда; определять и обеспечивать эффективные режимы технологического процесса. |
| Р10 | Способность проводить <i>монтажные, регулировочные, испытательные, наладочные работы</i> электроэнергетического и электротехнического оборудования. |
| Р11 | Способность осваивать <i>новое</i> электроэнергетическое и электротехническое оборудование; проверять техническое состояние и остаточный ресурс оборудования и организовывать профилактический осмотр и текущий ремонт. |
| Р12 | Способность разрабатывать <i>рабочую проектную и научно-техническую документацию</i> в соответствии со стандартами, техническими условиями и другими нормативными документами; организовывать метрологическое обеспечение электроэнергетического и электротехнического оборудования; <i>составлять оперативную документацию</i> , предусмотренную правилами технической эксплуатации оборудования и организации работы |

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»



Инженерная школа новых производственных технологий
Направление подготовки: 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»
Отделение материаловедения

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП

(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

магистерской диссертации

Студенту:

| Группа | ФИО |
|--------|-----------------------------|
| 4ТМ61 | Ахметгаеву Жанибеку Асылулы |

Тема работы:

Исследование влияния высокочастотного электрического поля на качество объемной пропитки древесины хвойных пород водными растворами

Утверждена приказом директора (дата, номер) № 1799/с от 15.03.2018

Срок сдачи студентом выполненной работы: 09 июня 2018 года

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

| | |
|---|---|
| Исходные данные к работе | Исходными данными к работе являются литературные данные, данные по существующим методам пропитки древесины хвойных пород, данные по воздействию электрического поля на древесину. |
| Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов | <ul style="list-style-type: none">- Литературный обзор (Характеристики процесса пропитки древесины хвойных пород);- Разработка методики проведения исследования воздействия высокочастотного электрического поля на качество пропитки;- Проектировка установки для проведения экспериментов;- Проведение экспериментов с использованием спроектированной установки по автоклавной пропитке древесины с воздействием высокочастотного электрического поля;- Заключение и выводы по работе. |

| | |
|--|------------------------------------|
| Перечень графического материала | Презентация в Microsoft PowerPoint |
| Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы | |
| Раздел | Консультант |
| Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение | Старикова Екатерина Васильевна |
| Социальная ответственность | Ахмеджанов Рафик.Равильевич. |
| Разделы, выполненные на иностранном языке | Квашнина Ольга Сергеевна |
| Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках: 1 – Theoretical foundation | |

| | |
|---|-------------------|
| Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику | 22 января 2018 г. |
|---|-------------------|

Задание выдал руководитель:

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|---------------------------|---------------------------|------------------------|---------|------|
| Старший научный сотрудник | Секисов Федор Григорьевич | к.т.н. | | |

Задание принял к исполнению студент:

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|---------------------------|---------|------|
| 4ТМ61 | Ахметтаев Жанибек Асылулы | | |

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

Инженерная школа новых производственных технологий
 Направление подготовки: 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»
 Уровень образования: магистр
 Отделение материаловедения
 Период выполнения: 2017/2018 учебный год

Форма представления работы:

| |
|--------------------------|
| магистерская диссертация |
|--------------------------|

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

| | |
|--|-----------------|
| Срок сдачи студентом выполненной работы: | 09 июня 2018 г. |
|--|-----------------|

| Дата контроля | Название раздела (модуля) / вид работы (исследования) | Максимальный балл раздела (модуля) |
|---------------|---|------------------------------------|
| 10/11/2017 | Изучение литературных источников по теме исследования | 20 |
| 12/01/2018 | Разработка установки по пропитке древесины с воздействием высокочастотного электрического поля | 30 |
| 29/03/18 | Экспериментальное определение влияния высокочастотного электрического поля на качество объемной пропитки древесины хвойных пород. | 30 |
| 17/05/18 | Финансовый менеджмент | 5 |
| 20/05/18 | Социальная ответственность | 5 |
| 25/05/18 | Разделы, выполненные на иностранном языке | 10 |
| | | Сумма: 100 баллов |

Составил руководитель:

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|---------------------------|---------------------------|------------------------|---------|------|
| Старший научный сотрудник | Секисов Федор Григорьевич | к.т.н. | | |

СОГЛАСОВАНО:

| Руководитель ООП | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-------------------------------------|---------------------------|------------------------|---------|------|
| Техника и физика высоких напряжений | Жгун Дмитрий Владимирович | к.т.н. | | |

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит: 119 страниц, 23 рисунка, 26 таблиц, 61 источник, 1 приложение.

Ключевые слова: МОДИФИКАЦИЯ ДРЕВЕСИНЫ, ОБЪЕМНАЯ ПРОПИТКА, ДРЕВЕСИНА ХВОЙНЫХ ПОРОД, ВЫСОКОЧАСТОТНОЕ ПОЛЕ, ПРОПИТКА ПОД ДАВЛЕНИЕМ.

В качестве объектов исследования выступали образцы хвойной древесины, образцы сосны с влажностью 12-14%.

Цель работы – исследовать влияние высокочастотного электрического поля на качество объемной пропитки древесины хвойных пород водными растворами.

Сухие образцы сосны помещались в пропиточную камеру, затем образцы подвергались предварительному вакуумированию при давлении 5 кПа в течение 30 минут. После этого образцы пропитывались краской на водной основе при давлении до $1 \cdot 10^6$ Па в течение различных интервалов времени от 15 до 150 минут, при этом половина образцов одновременно с пропиткой подвергалась воздействию высокочастотного электрического поля.

При сравнении полученных образцов было выявлено, что высокочастотное поле влияет на качество объемной пропитки древесины хвойных пород незначительно. Результаты полученные с помощью пропитки под высоким давлением и с влиянием высокочастотного электрического поля сравнивались с результатами, полученными при пропитке только под давлением. Сравнение производилось на основе сопоставления увеличения массы образцов в процентах после пропитки.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: длина одного образца древесины – 400 мм, ширина – 50 мм, высота – 50 мм. Напряжение высокочастотного генератора – 0,9 кВ, частота – 100 кГц.

Определения

– Модифицирование древесины – направленное изменение свойств древесины, позволяющее комплексно улучшить свойства древесины, повышая ее прочность, стабильность размеров и форм, химическую стойкость, био- и огнестойкость и снижая влаго- и водо-поглощаемость, и набухание;

– Вакуумирование древесины – технологический прием удаления части воды и воздуха из древесины с целью получения в ней давления ниже атмосферного;

– Пропитка древесины – введение в древесину различных составов веществ, обеспечивающих повышение её био-и огнестойкости, прочности, твёрдости, снижение электрической проводимости, изменение цвета. Жидкости проникают в древесину под действием капиллярных сил или избыточного давления.

Сокращения:

- ВЧ поле – высокочастотное поле;
- ВЧ генератор – высокочастотный генератор;
- ТПЧ – токи промышленной частоты;
- ПК – Персональный компьютер;

Table of contents

| | |
|--|-----|
| Introduction | 10 |
| 1 STATE OF THE ART TECHNOLOGIES OF THE WOOD MODIFICATION METHODS | 11 |
| 1.1 Impregnation methods | 11 |
| 1.2 Effect of wood drying on the impregnation quality | 14 |
| 1.3 Types of wood preservatives for impregnation | 15 |
| 1.4 Microscopic structure of wood | 16 |
| 1.4.1 Cellular structure of wood | 16 |
| 1.4.2 Difference in the structure between hardwood and softwood | 17 |
| 1.5 Physical examination of the impregnation mechanism | 22 |
| 1.5.1 Principle of wood impregnation | 22 |
| 1.5.2 Physical system «water – wood» | 22 |
| 1.6 Effect of electric field on wood | 23 |
| 2 SUBJECTS OF STUDY AND METHODS OF RESEARCH | 26 |
| 2.1 Methods of research | 26 |
| 2.2 The design and performance of the experimental procedure | 27 |
| 3 ANALYSIS OF THE OBTAINED WOOD SAMPLES | 34 |
| 4 IMPREGNATION OF WOOD UNDER THE INFLUENCE OF INDUSTRIAL FREQUENCY CURRENTS | 42 |
| 5 РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ | 49 |
| 5.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения | 49 |
| 5.2 Расчет бюджета для научно-технического исследования | 59 |
| 5.3 Оценка рисков научно – технического исследования | 63 |
| 5.4 Анализ и оценка научно-технического уровня исследования | 65 |
| 5.5 Оценка ресурсоэффективности проекта | 66 |
| 6 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ | 73 |
| 6.1 Производственная безопасность | 74 |
| 6.1.1 Анализ опасных и вредных факторов | |
| 6.1.2 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть при проведении исследований | 85 |
| 6.2 Экологическая безопасность | 88 |
| 6.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях | 89 |
| 6.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности | 93 |
| Conclusion | 95 |
| Bibliography | 101 |
| Приложение А – Effect of high frequency electric field upon the volume impregnation of coniferous wood with aqueous solutions | 102 |
| CD – диск | 119 |

Introduction

In connection with the development of the construction industry, there is a growing demand for high-quality finishing and construction materials. One of the most popular are wood materials, which have ecological compatibility, mechanical strength, and low specific gravity. In addition, it is worth considering that the wood has a wide variety of textures and natural beauty.

On the other hand, the use of wood is limited by the impact of external factors on it, which leads to various damages in the structure of the wood. The wood is influenced by chemical reactions caused by moisture, high temperature, ultraviolet radiation, biological effects.

Modification of wood is used to prevent all undesirable processes occurring in the wood. Under the modification is understood the processing of material with special solutions, gases, powders, heat treatment, mechanical influences and even plasma. The most common method of wood modification can be considered impregnation of wood.

However, most methods are effective for hardwoods and have almost no effect on coniferous wood.

This study is devoted to the research of the effect of high frequency electric field upon the volume impregnation of coniferous wood with aqueous solutions.

The purpose of this study is development of methods and equipment for studying the effect of an electric field on the depth of impregnation of softwood with water impregnating compositions.

All of the research done before in this field of study focused on microwave modification at atmospheric pressure none investigated either elevated pressure or vacuum. This study combines the usual high-pressure method with an effect of a high frequency (100 kHz) electric field on a permeability of a softwood.

The results of this study can be used as in further studies in the field of wood modification, as well as in the woodworking and construction industry.

1 State of the art technologies of the wood modification methods

1.1 Impregnation methods

There are many of application techniques that ensure supply of active ingredient into the treated wood in required quantity and well distribution. Selection of impregnation techniques depends on the wood properties (species, permeability, moisture content, temperature), preservative characteristics, like a crystallizing point, end use (use class, health risk), and others (customer requirements, technology available). The impregnation treatments can be divided into non-pressure methods and pressure methods.

Brushing and spraying are simple and low-cost treatment method but the depth of penetration and retention are very limited. Penetration across the grain is minimal and some penetration along the grain is possible. Dipping for seconds can increase end-grain penetration compared to brushing or spraying. The end-grain of pine sapwood is able to get penetration depth in range of 25 to 75 mm. Soaking is the same process like dipping with a difference of the immersion time, which could be hours, days or weeks. This process is often applied in sawmills for small poles and lumbers. The sapwood of pine after 24 to 48 hours of soaking in preservative solution was well penetrated and retention levels ranged from 32 to 96 kg·m⁻³ [1].

Hot and cold bath is the physical methods of impregnation, when the wood is soaked in the hot preservative bath and then in the cold preservative bath [2]. The air in cell cavities of wood placed to the hot bath expands. The preservatives are penetrated to wood due to partial vacuum, which is created by the air contraction after immersion in cold baths [3].

Impregnation, which combine vacuum and pressure, is the most common and effective methods. The process requires specially equipped plants with pressure vessels, air compressors, vacuum pumps, measuring and storage tanks, etc. The pressure impregnation methods can be divided into two methods: full-cell and empty-cell.

The pressure impregnation method is usually used with a combination with a vacuum process. Vacuum helps to get rid of air bubbles and moisture that are stuck in the wood structure after the drying process. The pressure inside the wood will be higher than the ambient pressure, it will push the gas and water balls away.

All known methods of impregnation do not allow to reach a sufficient depth of penetration into softwood. This depth cannot provide reliable protection of wood from bio-destructors and ignition, which predetermines a short service life. For the same reason, such promising technologies as the modification of wood by various polymers, deep dyeing, have not generally spread, as applied to coniferous species. In these technologies, an essential condition is deep or even full volume impregnation.

Based on some common features, the impregnation methods can be combined into the following groups. First group is a method that uses pre-treatment (mechanical, biological, chemical) of wood before impregnation. The methods of this group are about the preliminary creation of a conducting system in the wood, through which during the impregnation the liquid will move.

Second group is a group that use a modernization of «classical» methods of autoclave impregnation. «Classic» methods of impregnating wood, widely used all over the world, include the following technological operations: vacuum treatment, air and liquid pressure. Numerous attempts to modernize the known methods were carried out both in the way of strengthening the technological factors used and in combining them in a different order.

The third group is a group with methods that use dynamic effects. In this method, sound vibrations of the ultrasonic range carry out impregnation with the fluid or the wood itself. The intensifying effect of acoustic oscillations is associated, first, with the acceleration of diffusion processes. Ultrasound, moreover, has an effect on the capillary rise of the liquid, due to the generated sound pressure.

Attempts to find ways to improve the quality of impregnation of softwood have been undertaken many times. The most ancient is the preliminary drilling of holes.

The steam explosion was investigated as a method of increasing the permeability of wood mainly for wood chips used in the pulp industry [4]. This process involves

placing the wood in a pressure vessel and increasing the pressure inside the vessel above atmospheric pressure. The saturated steam is then injected into the chamber for a period of time to raise the temperature of the core of the wood above the boiling point of water at atmospheric pressure. Then the pressure is quickly released from the chamber, causing the water to boil in the underpressure structure, and, consequently, the boiling point of the water drops. Depending on the temperature, pressure and size of the wood sections to be treated, the tightness of the steam structure resulting from this process can open moisture paths in the wood, increase permeability, or, under more severe conditions, can destroy the wood [4].

Some studies have also been conducted to investigate laser exposure to wood, in which an array of holes is drilled into a section of a tree with a laser, increasing permeability and increasing the efficiency of impregnation with preservatives and resins [5].

Moreover, many different other experiments were conducted where high pressure and temperature, ultrasound, electrohydraulic effect, alternating pressure, vibration or plasma were used.

In the technologies of impregnation of wood with modifying fluids, the consumer properties of the products obtained are determined mainly by the quality of the impregnation process. Such indicators characterize it as the depth of penetration of the impregnating liquid and its absorption.

The promising direction of improving a number of properties of wood is the modification with polymers [6]. The essence of the modification is the impregnation of wood with monomers or low-viscosity oligomers, which are then hardened by heat, ionizing radiation and other influences. As a result, water and water absorption can be significantly reduced, which increases the formability of wood.

The materials thus obtained can have a range of applications from machine parts to parquet. A necessary and indispensable condition for obtaining high-quality products in all these technologies is deep or even through impregnation. The impossibility, with the existing methods of impregnation, to provide this condition, as applied to conifers, hinders the practical implementation of these developments.

Increasing the use of solid wood for furniture, joinery, flooring brings to the forefront its decorative properties. Poor texture and a limited color range characterize not valuable wood species. To show the natural texture and give the desired color to wood can be due to its impregnation with solutions of dyes [7]. Dyed wood in its decorative properties is not inferior to valuable wood. The most desirable is through impregnation with high absorption. In this case, most important is the uniformity of the distribution of the impregnating liquid in the wood. This is a condition for uniform coloring throughout the wood section.

Impregnation is the first step in the processes of extraction and delignification of wood. Quantitative and qualitative indicators largely depend on it. For these processes, impregnation is a prerequisite. However, its preparation presents a serious problem, since wood has a low permeability for liquids and gases. Most often in practice, impregnation with various aqueous preservatives is used.

1.2 Effect of wood drying on the impregnation quality

Living trees contain a large amount of moisture, including bound water within the cell wall and free water within the cell voids. This can vary between 30% in the heartwood of some hardwoods to 200% in the sapwood of some low-density timbers [8]. Once a tree is cut down, it begins drying, with the free water within the cell being lost first. Once this has dried out, the moisture within the cell structure begins to evaporate. This transition point is called the fibre saturation point. The process of removing this bound water is referred to as seasoning. The moisture content of the wood will eventually reach equilibrium with the surrounding atmosphere. This is called the equilibrium moisture content. This is dependant on humidity and as such the moisture content will continue to change as the atmospheric humidity changes. For most applications, the wood is dried to a moisture content of between 8% and 15%.

According to [16], the main reasons for drying wood are:

- Increase the dimensional stability of the timber as wood swells and shrinks with changes in moisture content;
- Create free space within the cell voids to enable preservative impregnation;

- Reduce weight and therefore transport costs;
- Prevent staining of the timber due to fungal growth or borer;
- Reduce the risk of decay;
- Improve the adherence of coatings and glues;
- Increase the strength of the timber;

The most common methods of timber drying are kiln drying and air drying or a combination of the two. Kiln drying provides good process control, consistent results and quick drying times but consumes a large amount of energy. Air drying uses little or no energy but can be very time consuming. Solar kilns are also commonly used and utilise the sun as the heat source for the kiln, making them far more efficient but slightly more difficult to control. Other methods such as radio frequency vacuum drying and mechanical compression drying have made an appearance in recent years but are currently in limited use. Microwave drying or pre-treatment has also been introduced and while the former is energy intensive, the latter appears to be a viable option for reducing drying times.

1.3 Types of wood preservatives for impregnation

According to [3], chemical preservative systems (against biological attack) can be divided in two main groups so called water-borne and oil-borne.

Water-borne preservatives consist various inorganic chemicals (copper, chromium, arsenic, fluorine, mercury, and others) which are dissolved in water. They are available in powder form or liquid concentrates [8]. [9] state that water-borne preservatives leaves wood surface clean and paintable. Another advantage is the reduction in release of volatile hydrocarbons as atmospheric pollutants during the treatment process. However, these preservatives do not offer protection against mechanical wear or improved dimensional stability of wood. Some water-based preservatives can leach out when the wood is exposed to liquid water and increase corrosion of steel fasteners [3].

Oil-born preservatives are very effective and often used for treatment of railway sleepers, poles, etc. It has high toxicity against fungi, insects and marine borers, low

volatility, electrical resistance. The disadvantages are increased flammability of the treated wood, and impaired or impossible paintability.

Fire retardants are applied to reduce the flammability of wood and act by creating a barrier to the spread of flame and/or generating non-combustible gases. Chemicals of the first type speed the formation of a charred wood layer or form a massive layer of foam. The second type provide fire-retardant action by melting, evaporation, or thermal decomposition. Usually, they contain silicas, ammonium phosphate, ammonium sulphate, zinc chloride, boric acid, or other borates [10].

The chemical modification changes the chemical nature of wood. Some chemicals can react with the cell wall polymer hydroxyl groups. This can result in the formation of a single chemical bond with one OH group or cross-linking between two or more OH groups. The cell wall polymers is modified and the properties of treated wood is changed [11].

One of the main points for choosing a suitable wood modification solution is the type of wood itself. Occasionally it is even difficult to determine the type of timber available.

1.4 Microscopic structure of wood

1.4.1 Cellular structure of wood

Cellulose is the major component of the cell walls in wood and responsible for the structural strength of wood. Hemicelluloses also contribute to the mechanical properties of wood, though the function of hemicellulose is still not fully understood because of its complex structure. Though it has been known that polysaccharides serve as structural material and energy source in plants, certain polysaccharides, called oligosaccharins, may perform other important biochemical functions as well [12]. They can influence on growth, development, differentiation of cells, gene expression and participate in defensive reactions against fungi and other microorganisms [13]. However, the wood saccharides and polysaccharides are a source of food for microorganisms and therefore different fungi and bacteria are a threat for the life span of wooden materials. Nevertheless wood contains other components that prevent its

early degradation. Lignin is a polymeric amorphous substance that plays a major role as a natural binder in the composite structure of wood [14]. It also plays as a barrier against biological degradation and lowers the moisture absorption of wood. The extractives in wood can be fats, fatty acids, fatty alcohols, phenols, terpenes, steroids, resin acids, rosin, waxes, and many other minor organic compound [6]. The major amount of extractives are found in heartwood. Some of the extractives act as toxic components that provide protection against wood degradation.

Cellulose is the major structural component of wood, making up approximately one half of the cell-wall material of both softwoods and hardwoods [15]. Moreover, cellulose is considered the main component of the cell walls of all true plants, for example, cotton is almost pure cellulose [15].

As mentioned above, cellulose is the main component of all true plants, but there is some difference from the other plants. For example, both cotton and wood have cellulose as the main functional component, but the properties of these two materials are very different; cotton is soft, flexible and absorbs water up to 10 times its weight, while wood is a stiff material with low water absorption [12]. Wood contains large amount of lignin (18–25% for hardwoods and 15–35% for softwoods) and that makes wood different from cotton and other fibrous plant-materials [6]. Lignin is an amorphous hydrophobic polymer with a highly complex structure consisting mainly of aromatic and aliphatic [6].

1.4.2 Difference in the structure between hardwood and softwood

There are many systems for classifying plants, but among them there are two distinct groups that are suitable for describing trees. These groups are gymnosperms and angiosperms [16]. Angiosperms are evolutionarily newer and form two large classes of plants. These classes in turn are divided into even more subclasses according to their botanical properties. The largest class – the class of dicots is widely used in the forest industry.

Gymnosperm – the smaller and evolutionarily older of the two groups, in turn, is divided into four smaller groups: Pinophyta (or Coniferophyta) – Conifers,

Cycadophyta – Cycads and Ginkgophyta - Ginkgo represented in a single species [17]. Among all these groups, conifers are the most interesting for the timber industry.

Hardwoods are called angiosperms, when conifers are related to gymnosperms.

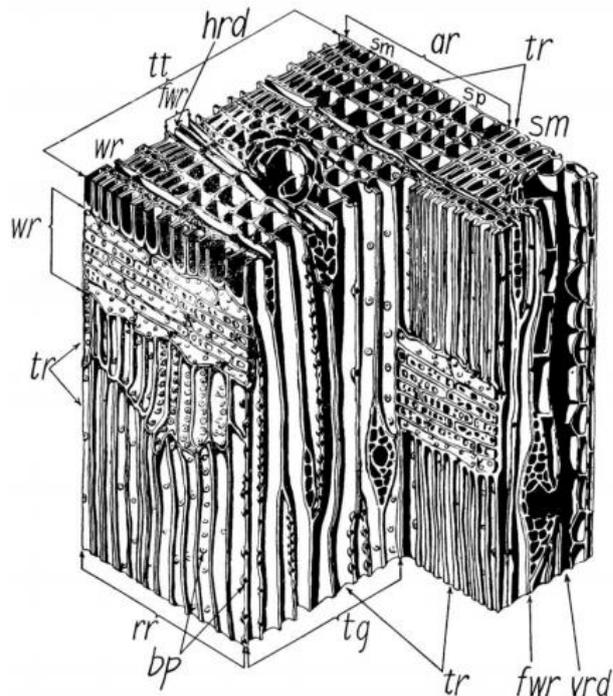
At the macroscopic level, the tree trunk, which is the main source of valuable building material, has three main properties: it supports the tree crown, delivers mineral solutions from the roots, where they are absorbed into the crown, where these solutions are processed and stored processed foods (carbohydrates) until they will not be needed.

Wood varies greatly in its structure. Softwoods (Figure 1) differ from hardwoods (Figure 2), and in each of these groups, there are differences among individual species. In fact, there are differences even in the same tree, since the heartwood, although its gross structure is the same, commonly contains certain substances not abundant in the sapwood. All these differences have their influence upon the penetrability of the wood by preservatives (impregnants) [18].

Hardwood has a system of cells in the form of vessels that perform the transfer of water and mineral substances dissolved in it from the roots to the leaves. Vessels are in the form of tubes.

The latewood of softwoods contains more centrally located pits compared to earlywood. Thus, the latewood of most of the softwoods species is more permeable than the earlywood. Latewood cells with thicker walls mean the pit membranes are less likely to aspirate and permeability can remain high.

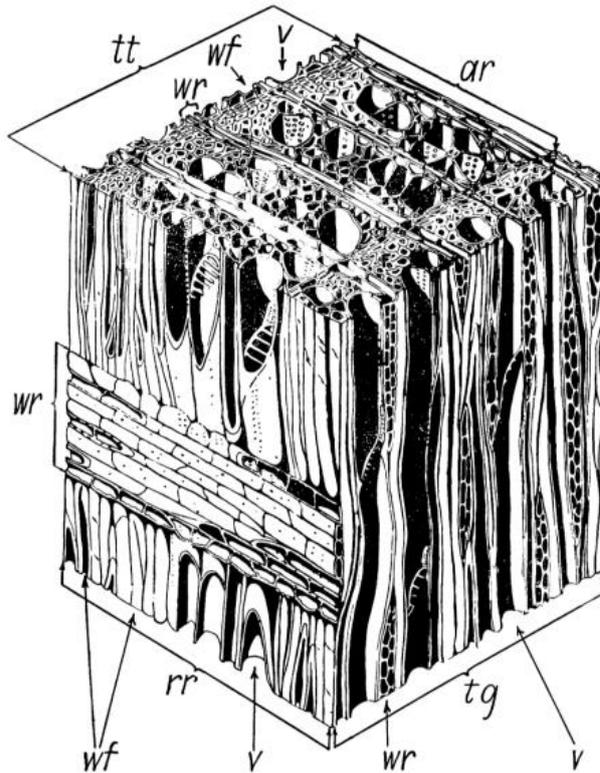
The heartwood is formed by physiologically dead part of xylem contained various organic substances, known collectively as extractives. The tyloses may occur in the vessels of hardwoods and cause their impermeability. The softwoods are permeable because pit pairs with openings in the membranes connect the tracheid lumens. If these membranes are occluded or encrusted, or if the pits are aspirated, the wood becomes impermeable.



tt – cross-section surface; rr – radial surface; tg – tangential surface; ar – annual ring; sm – latewood; sp – earlywood; tr – tracheids, or fibres; hrd – radial resin canal; vrd – axial resin canal; fwr – fusiform wood ray or ray having radial resin canal; wr – wood rays; bp – bordered pits.

Figure 1 – Drawing of a highly magnified block of softwood measuring about 0.635 mm vertically [18]

Mostly cellular structure of a softwood consist of elongated cells in a radial rows, with skewed ends, called tracheids. In the walls of the tracheids there are pores through which they communicate with neighboring cells. Tracheids are dead cells. In the trunk of a growing tree, only the newly formed annual layer contains live tracheids. In addition, coniferous wood differs from hardwood in that it contains cells that produce and store resin. These cells are grouped into horizontal and vertical resin courses.



tt – cross-section surface; rr – radial surface; tg – tangential surface; v – vessel or pore; wf – wood libriform fibres; wr – wood rays; ar – annual ring.

Figure 2 – Drawing of a highly magnified block of hardwood measuring about 0.635 mm vertically [18]

In hardwoods, the main volume consists of vessels and vascular tracheids, libriform fibers, parenchyma cells. Vessels are a system of cells serving in a growing tree to hold water with dissolved mineral substances from the roots to the leaves. Fibers of libris - the most durable elements of hardwood that perform mechanical functions. The remaining volume of wood is made up of the cells of the wood parenchyma. These cells perform storage functions.

Impregnation of wood is mainly provided by vessels that carry liquid along all fibers of the wood, when in conifers the tracheids, because of their spongy structure, prevent free flow of solution. In addition, to get rid of air pockets in tracheids, preventing impregnation too is a challenge. The presence of resin in resin pockets reduces the amount of liquid absorbed.

The entire cross-section of the trunk contributes to its mechanical strength and therefore performs the first basic function, while the outer living layers of the trunk, known as sapwood, limit the conductivity and storage functions. Sapwood may vary depending on the species, growth rate and age of the tree and reach from 10% to 60% of the trunk radius [19]. Since the cells in the sapwood, as the tree grows old, cease to act as a conductor and storehouse, they die. Thus, the innermost layers of the sapwood are transformed into core wood. With the transition of the sapwood to the core (ripe wood), a number of changes occur in it, one of the manifestations of which is a sharp decrease in permeability

The biggest difference in the permeability is between heartwood and sapwood. The sapwood of the tree is physiologically active composed of lived xylem cells. Therefore, almost all of the sapwood (both hardwoods and softwoods) is well permeable (impregnable). The heartwood is formed by physiologically dead part of xylem contained various organic substances, known collectively as extractives. The tyloses may occur in the vessels of hardwoods and cause their impermeability [20]. Permeability (fluid permeability) is a material property and is defined as the ease with which fluid flows through a porous medium under the influence of pressure gradient [21]. This is not to be confused with magnetic permeability which is a constant relating magnetic flux density to magnetic field intensity in a given material [22]. A material must be porous to be permeable (i.e. it must have some void space within its structure) but the reverse is not necessarily true, as in the case of closed cell foams.

Due to many of the inherent properties of timber, permeability can be quite difficult to measure. The permeability of wood varies significantly between different varieties of tree, between different trees in the same species, between sapwood and heartwood within particular tree and even varies considerably within a particular type of wood in the same tree.

Permeability is also significantly influenced by the moisture content of the wood which can present measurement difficulties as most if not all measurement techniques change the moisture content of wood due to the fluid flow involved. This is particularly evident in softwoods, where pit aspiration can cause large changes in permeability

during permeability measurement were the moisture content of samples is above the fiber saturation point [23].

1.5 Physical examination of the impregnation mechanism

1.5.1 Principle of wood impregnation

Practically all species are most easily penetrated longitudinally, since liquids can follow in the direction of the vessels in the hardwoods and through the full length of the cellular space of the tracheids. Liquids passing in a transverse direction, radial or tangential, must generally pass through many cell walls [18]. Longitudinal/tangential permeability ratios of softwoods, measured by several investigators, are between 500 and 80,000 to one. Longitudinal/radial ratios extended from 15 to 50,000 to one. In hardwoods, there is a little difference between tangential and radial permeability. Longitudinal/tangential ratios measured by several authors are in range between 3×10^4 and 4×10^8 to one with the highest ratio for the ring-porous red oaks. These high ratios in hardwoods may be explained by: (a) the generally poorer penetrability of rays in hardwoods than in softwoods and (b) the very high longitudinal permeability of ring-porous hardwoods with open vessels [23].

1.5.2 Physical system «water – wood»

Before impregnation, wood always has a certain humidity, usually not less than 10%, and more often (25 – 30)%. Therefore, it is necessary to deal not with a set of chemical compounds forming the cell walls, but with the physical system «wood-water».

Wood as a whole refers to capillary-porous and wood substance to colloidal, boundedly swelling bodies [24]. In an absolutely dry cell wall, capillaries are practically absent. Their volume does not exceed (1 – 2)%, and they are not available to nonpolar molecules [25]. Therefore, it is considered that the cell wall of absolutely dry wood, in the zone of absence of intercellular pores, is continuous, impermeable across fibers for nonpolar gases and vapors by a polymer body in a vitrified state [24].

Capillaries in the cell wall appear with the first portion of sorbed water, which disperses the wood substance, transferring it to a colloidal state.

1.6 Effect of electric field on wood

The dielectric properties of a material determine the way in which an electric field interacts with that material. Two important dielectric properties of interest in microwave heating applications are the relative permittivity and the loss tangent.

Some inhomogeneous materials such as wood have different dielectric properties in different directions. For example, the relative permittivity of some woods can be up to three times higher along the grain than across the grain [26].

As a natural biological composite of a complex structure, wood has specific properties that are manifested when interacting with an alternating electromagnetic field. The effect of a magnetic field freely penetrating into the wood is so small that it is not taken into account for practical purposes (the magnetic susceptibility of wood material is about $(0.2 - 0.4) \cdot 10^{-6}$, that is, as air).

Under the influence of the electrical component in the wood, especially wet, electric currents arise. The occurrence of electric currents is accompanied by the effect of polarization of the electrical constituents of the component composition and heating of the wood.

The specific resistance of absolutely dry wood is $10^{10} - 10^{19} \Omega \cdot m$, which makes it possible to consider it a dielectric. In an absolutely dry state, wood has weak properties of a polar dielectric. When humidified, polar properties manifest themselves, and as the humidity increases, the resistivity of the wood decreases, it becomes nearly conductive to semiconductors. At a humidity above the saturation limit of the cell walls, ionic conduction occurs.

Due to the fact that the magnetic component of the field has no effect on wood, the effect of polarization is due to the presence of moisture in the wood.

The phenomenon of polarization consists in changing the spatial arrangement of electrically charged particles of matter that form the water-wood system. At the same time, an electric moment is formed.

The macromolecules of cellulose, hemicellulose, lignin, which constitute the wood substance, are characterized by dipolar polarization. Dipole polarization consists in the rotation of dipole molecules in the direction of the external electric field. The effect of polarization of a dielectric is created due to the orientation of dipole molecules in chaotic thermal motion. This polarization in the wood is caused by the displacement of the polar groups (radicals) OH, CH₂OH relative to the immobile parts of the molecules. When the field is removed, the thermal motion of the molecules disturbs the dipole polarization.

There is also migration polarization in the wood, because wet wood is a composition of substances: the wood itself in the solid phase, water in the liquid and gaseous phases and air.

A contact potential difference arises between water and wood substance – water acquires the potential of one sign, the wood substance of the other. Woody material has a much lower electrical conductivity than moisture. Therefore, the electric field created by moisture on the potential of the wood occurs. As a result of this superposition of fields, the free electrons and ions contained in the conducting or semiconducting inclusions of the cell walls move within each inclusion, which acquires a dipole moment. The heterogeneity of the structure of the wood leads to a limited movement of charges, which, being free within the same cavity or channel, behave similarly to bound charges. The dissociated ions, which are in free water in the cell cavity, shift when the electric field is applied, polarizing the water.

Related to the study of this work it is important to know the effect of microwave radiation on the permeability of wood. Under high microwave power density treatment, moisture within the wood is first heated and then boiled, generating steam. This creates internal pressure in the wood and can drive water out of the wood far quicker than conventional drying. When heated further, the high pressure generated can result in rupture of some of the elements within the wood structure, increasing the permeability [27]. This is referred to as microwave wood modification. Increasing permeability can both speed subsequent drying processes and reduce moisture content gradients, reducing degradation due to splitting and checking [28]. In [29] authors describe a

process of modifying the properties of wood, in particular permeability by application of microwaves. The technique was developed as an alternative to steaming. The pressure is suddenly released, rupturing the ray tissue in the timber, increasing the permeability. They found that a similar modification could be obtained by applying intense microwave energy to moist timber.

The mechanisms of increased permeability in softwoods were stated as destruction of ray tissue, softening and mobilisation of resin and creation of cavities in the longitudinal-radial plane [29]. Similar results were reported in hardwoods, where intensive microwave treatment resulted in rupture of tracheids and libriform fibres in the ray tissue, formation of micro-checks at the interface of the ray tissue and longitudinal fibres and formation of voids in the longitudinal-radial plane. They found the resultant increase in permeability accelerated the drying process, relieved stresses, reduced check formation and improved impregnability.

2 Subjects of study and methods of research

2.1 Methods of research

For the experiment, were chosen wood bars of 80 cm in length, 5 cm in width and 5 cm in height. The species of wood to be modified is pine. Before impregnation, the samples are dried in an oven at a temperature of 104 °C to a humidity of 12-14%. Then the samples are cut across into two halves. One half was impregnated under the influence of an electric field and pressure (Figure 3). The second half was impregnated under the influence of only high pressure.

Samples were weighed before and after impregnation. After impregnation, the samples were cut along the fibers to visually determine the impregnation depth. All blocks of wood were impregnated in a cylindrical chamber 50 cm long and 40 cm in diameter for 15 minutes, 30 minutes, 60 minutes, 120 minutes, 150 minutes. The impregnation process also included preliminary vacuum treatment of the wood. Before the impregnation in the chamber, a pressure of 4 kPa was generated by means of a vacuum pump. The operating time of the vacuum pump was 30 minutes. Vacuum allows you to get rid of air and moisture residues in the pores of wood. After 30 minutes, an impregnating solution was supplied to the chamber. After filling the chamber with a solution, a high-pressure pump was connected. The pump was operated until the pressure in the chamber reached $1 \cdot 10^6$ Pa, after reaching the desired pressure parameters; the pump operates in an automatic mode to maintain the set pressure value. The technical characteristics of the high-pressure pump are shown in Table 1. After reaching the required pressure, a voltage source was connected to study the effect of the electric field.

Table 1 – Technical characteristics of the pressure pump

| | |
|-------------------------------------|---------------------|
| Power supply | Single-phase, 220 V |
| Power consumption, W | up to 1000 |
| Pressure, kPa | from 10 up to 1000 |
| Overall dimensions, mm ³ | 500x700x1100 |
| Weight, kg | 20 |

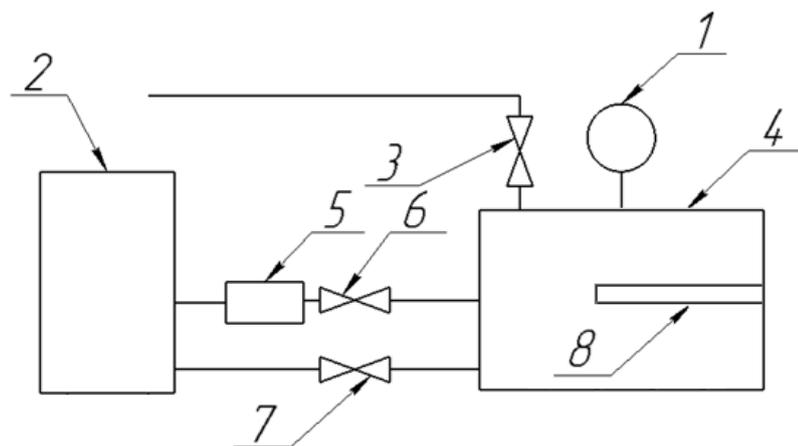
The HF generator SPN-1500V/100 kHz is used as the source of the high-frequency field.



Figure 3 – A sample of pine for impregnation under the influence of a high-frequency field

2.2 The design and performance of the experimental procedure

Schematic diagram of the installation of volume impregnation of wood without a HF generator is shown in Figure 4.



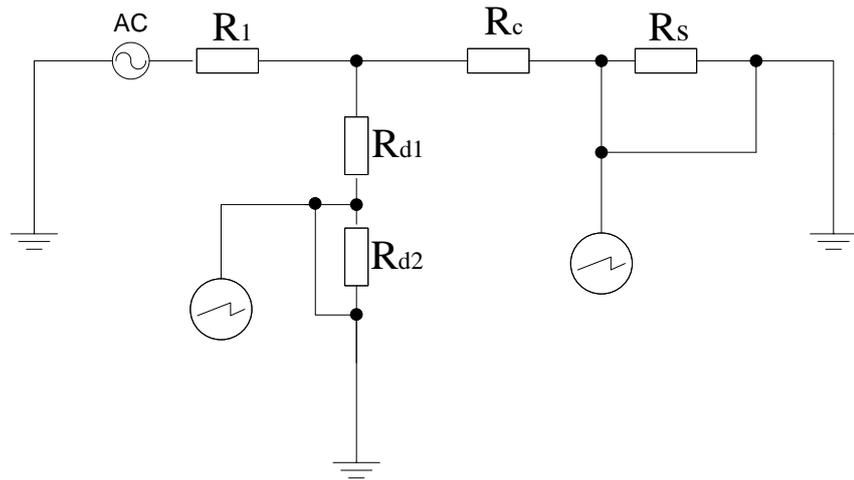
1 – manometer; 2 – tank with an impregnating liquid; 3 – the ball valve of the vacuum pump; 4 – impregnating chamber; 5 – high-pressure pump; 6, 7 – ball valves; 8 – electrode.

Figure 4 – Schematic diagram of the installation of volume impregnation of wood

Samples of wood are loaded into the chamber, after which the chamber is hermetically sealed. Before switching the pump on, it must be ensured that all the valves, except the tap 3 for evacuating the air from the chamber, are closed. After that, the vacuum pump is turned on. The pump draws air to a pressure of 5 kPa. After 30 minutes valve 3 that connects the vacuum pump to the chamber is closed and the vacuum pump is turned off. Further, a solution was supplied to the chamber, through the tap 7 that connect reservoir with impregnating fluid with the chamber. Due to the presence of a vacuum in the chamber and the effect of atmospheric pressure on the solution in the reservoir the chamber will be filled until the pressure in the chamber becomes 1 atmosphere. After filling the chamber with the impregnating solution, the tap 7 closes and the tap 6 opens, through which the impregnating composition will be fed under pressure. Having established the maximum permissible pressure in the chamber equal to $1 \cdot 10^6$ Pa, we turn on the pressure pump. Further, the pressure pump is put into automatic mode to maintain the necessary pressure at the same level, as the pressure in the chamber will fall as the wood of the solution is absorbed. After reaching the required pressure in the chamber, a voltage source is connected. The voltage in the chamber is fed through the conductor with the electrode 8. After the necessary impregnation cycle is completed, generator is turned off, the high-pressure pump is disconnected, and the rest of the impregnating liquid is drained back into the tank.

Figure 5 shows the electrical circuit of the experiment.

A voltage divider is a simple circuit, which turns a large voltage into a smaller one. Using just two series resistors and an input voltage, we can create an output voltage that is a fraction of the input. Voltage dividers are one of the most fundamental circuits in electronics.

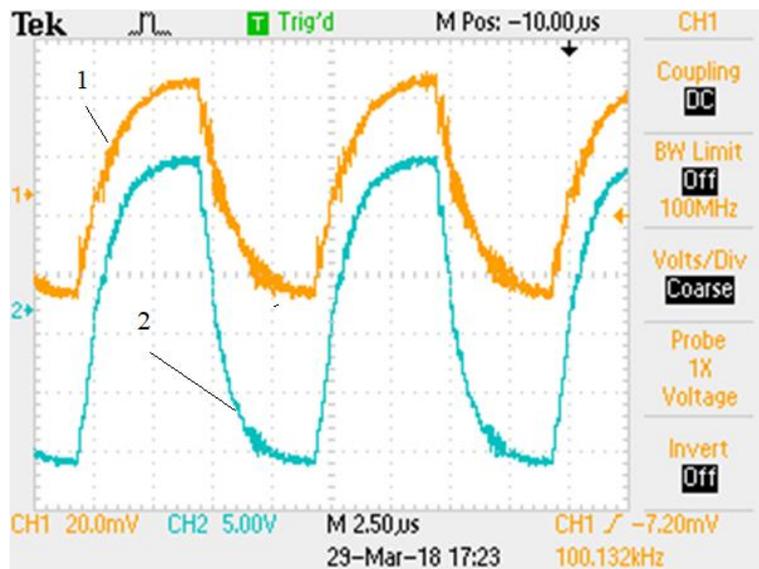


R_1 – protective resistance; R_{d1} , R_{d2} – voltage divider; R_c – resistance of the impregnating chamber; R_s – shunt resistance.

Figure 5 – The electrical scheme of the experiment

Divider's voltage ratio is 500, as $R_{d2} = 500 \text{ k}\Omega$, $R_{d1} = 1 \text{ M}\Omega$. Shunt resistance $R_s = 18 \text{ }\Omega$. HF generator parameters: voltage $U = 0.9 \text{ kV}$, frequency of the generator $f = 100 \text{ kHz}$.

Figure 6 shows the current and voltage oscillograms obtained in the impregnating chamber.



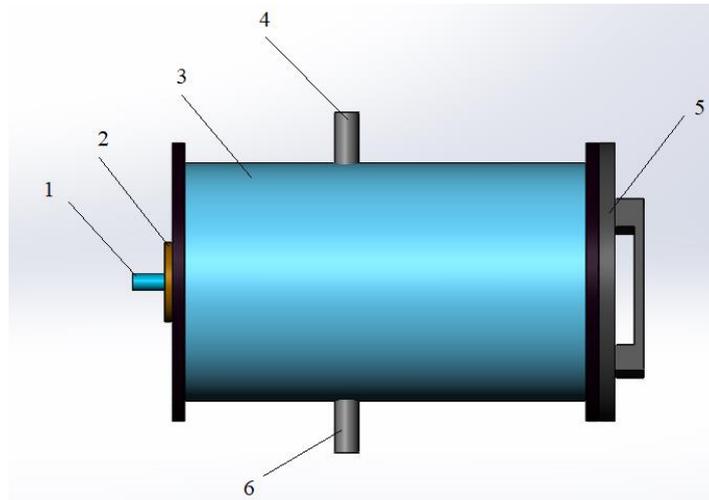
1 – oscillogram of voltage; 2 – oscillogram of current

Figure 6 – Oscillograms of current and voltage

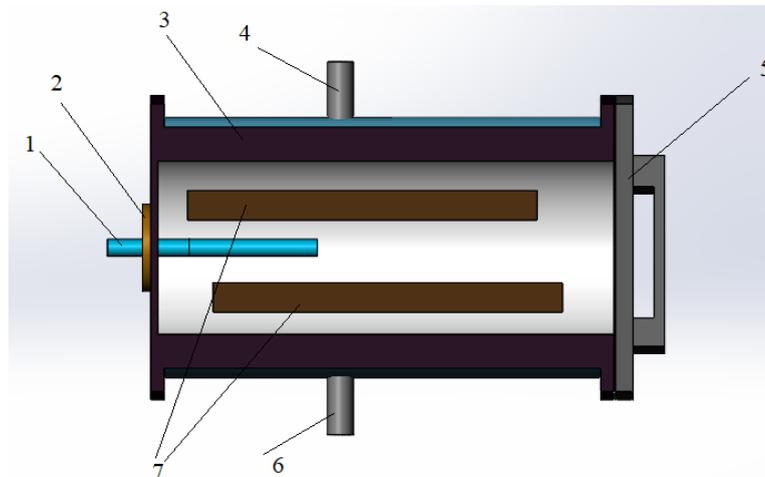
These oscillograms are needed to monitor the current and voltage that are released on the impregnating chamber.

Figure 7 shows a schematic representation of the impregnating chamber.

a)



b)



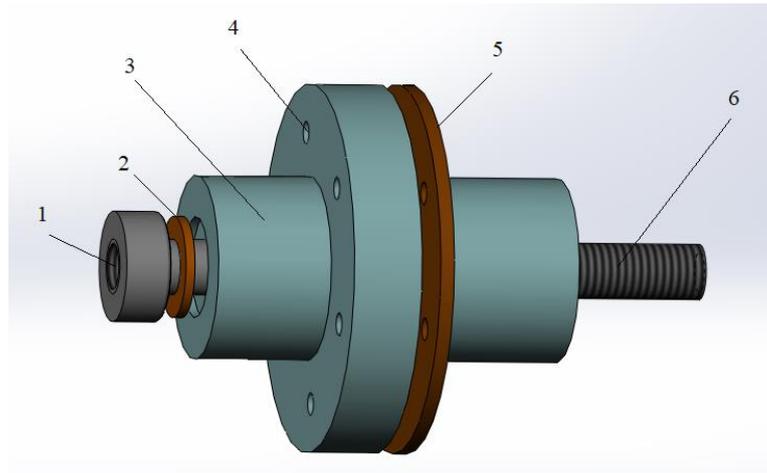
1 – the electrode; 2 – the rubber gasket; 3 – the housing of the impregnating chamber;
4 – the tube connecting with the vacuum pump; 5 – the chamber cover; 6 – the tube
connecting with the pressure pump and with the tank with the impregnating solution;
7 – samples of wood.

Figure 7 – Schematic representation of the impregnating chamber

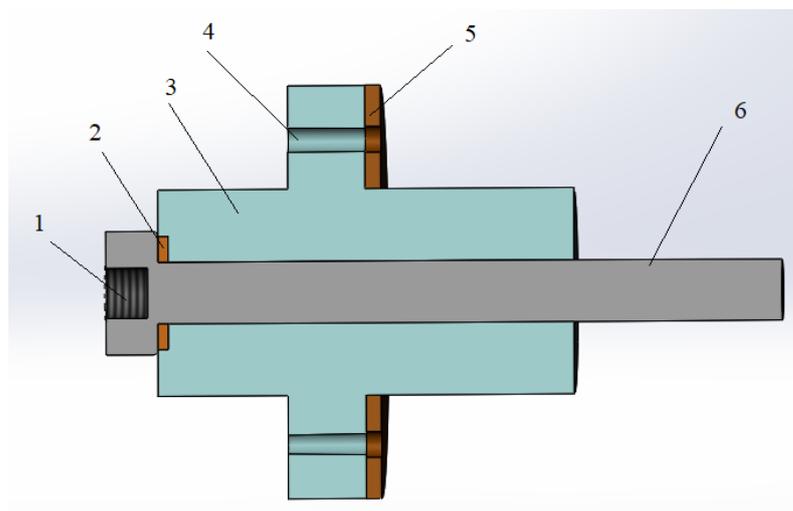
For one experiment two samples of wood were placed in the chamber.

Element 1 in Figure 7 is shown in more detail in Figure 8.

a)



b)



a) view from the outside; b) sectional view; c) diagram of an insulator
1 – groove; 2,5 – rubber gasket; 3 – textolite insulator; 4 - holes for bolts; 6 -
conductor.

Figure 8 – The construction of a conductor with an insulator

Figure 9 shows the physical parameters of the insulator



1 - longitudinal section of the sample; 2 - the outer color of the sample.

Figure 10 – Wood sample after impregnation

As can be seen in Figure 10, the outer part of the sample of wood (1 on the Figure 10) completely colored in comparison with its inner part (2 on the Figure 10).

3 Analysis of the obtained wood samples

A total of five samples were impregnated for each time interval using an HF generator and five samples impregnated without. To quantify the quality of impregnation of wood samples were weighed before and after impregnation. Since the only source of additional mass is the absorbed liquid, knowing this, it is possible to calculate the difference in mass of the sample and the mass of the absorbed solution. This difference was then recalculated into a percentage, showing how many percent the sample was weighted. Knowing the increase in mass in percentage samples can be compared to each other.

So, for example, sample b (Figure 11) before impregnation had a mass of 233.6 g. After impregnation without a generator, the mass of the experimental sample increased to 292.5 g. Then the mass of the soaked solution is:

$$\Delta m' = m_2 - m_1 = 292,5 \text{ g} - 233,6 \text{ g} = 58,9 \text{ g} , \quad (1)$$

where Δm – mass of the soaked solution, g;

m_1 – mass of the sample before impregnation, g;

m_2 – mass of the sample after impregnation, g;

Further, knowing the mass of the soaked solution, it is possible to calculate by how much percent the mass increased in comparison with the original sample:

$$\Delta m_{\%} = \frac{\Delta m}{m_1} = \frac{58,9}{233,6} \cdot 100\% = 0,252 \cdot 100\% = 25,2\% . \quad (2)$$

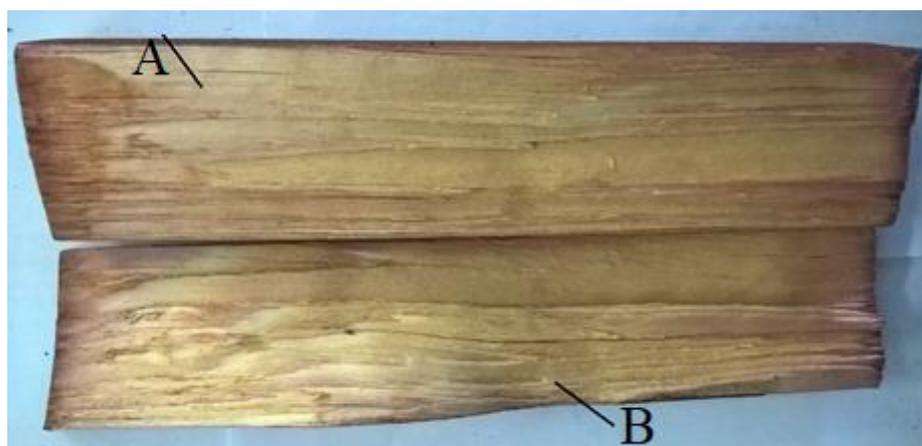
After impregnation using a generator, sample a (Figure 11) weighed from 212.8 g to 268.7 g. Then the mass of the soaked solution is the same as (1) and is equal to $\Delta m = 55,9$ g. Then the mass of the sample after using calculations from (2) increased by 26.2%.

If we compare the increase in mass with an HF generator and without it, we get:

$$\Delta m = \Delta m_{\%}^b - \Delta m_{\%}^a = 26,2\% - 25,2\% = 1\% \quad (3)$$

Then we can conclude that wood that impregnated with a treatment of HF generator, it absorbed 1% more solution.

Similarly to (3), the masses of all the samples were calculated.



a - a sample impregnated under the influence of an electric field; b - a sample impregnated without the influence of an electric field.

Figure 11 – Samples before and after impregnation under the influence of a high-frequency field for 30 minutes

After the study, all the collected data is assembled in Table 2 that shows the changes in the masses of all samples.

Table 2 – Percentage increase in the mass of samples.

| Type of experiment | Weight gain, % $\Delta m_{\%}$ | Difference in mass, % Δm | Average weight difference, % |
|--------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|------------------------------|
| 1 Impregnation time 15 minutes | | | |
| Without generator 1 | 25.6 | 1 | ≈ 0 |
| With generator 1 | 26.6 | | |
| Without generator 2 | 19.8 | -1.1 | |
| With generator 2 | 18.7 | | |
| Without generator 3 | 30.3 | 0.8 | |

Continuation of Table 2

| | | | |
|---------------------------------|------|------|------|
| With generator 3 | 31.1 | | |
| Without generator 4 | 26.9 | | |
| With generator 4 | 25.5 | -1.4 | |
| Without generator 5 | 21.4 | | |
| With generator 5 | 22.0 | 0.6 | |
| 2 Impregnation time 30 minutes | | | |
| Without generator 1 | 32.3 | | |
| With generator 1 | 34.8 | 2.5 | |
| Without generator 2 | 25.1 | | |
| With generator 2 | 26.9 | 1.8 | |
| Without generator 3 | 34.2 | | |
| With generator 3 | 36.9 | 2.7 | 2.76 |
| Without generator 4 | 39.0 | | |
| With generator 4 | 44.8 | 5.8 | |
| Without generator 5 | 33.4 | | |
| With generator 5 | 34.4 | 1 | |
| 3 Impregnation time 60 minutes | | | |
| Without generator 1 | 45.4 | | |
| With generator 1 | 49.4 | 4 | |
| Without generator 2 | 40.1 | | |
| With generator 2 | 45.9 | 5.8 | |
| Without generator 3 | 49.1 | | |
| With generator 3 | 54.3 | 5.2 | 5.12 |
| Without generator 4 | 48.7 | | |
| With generator 4 | 53.1 | 4.4 | |
| Without generator 5 | 56.3 | | |
| With generator 5 | 62.5 | 6.2 | |
| 4 Impregnation time 120 minutes | | | |
| Without generator 1 | 89.6 | | |
| With generator 1 | 93.7 | 4.1 | 5.04 |
| Without generator 2 | 82.1 | | |
| | | 4.3 | |

Continuation of Table 2

| | | | |
|---------------------------------|-------|-----|------|
| With generator 2 | 86.4 | | |
| Without generator 3 | 93.7 | 4.5 | |
| With generator 3 | 98.2 | | |
| Without generator 4 | 89.3 | 6.1 | |
| With generator 4 | 95.4 | | |
| Without generator 5 | 98.2 | 6.2 | |
| With generator 5 | 104.4 | | |
| 5 Impregnation time 150 minutes | | | |
| Without generator 1 | 102.6 | 4.3 | 5.38 |
| With generator 1 | 106.9 | | |
| Without generator 2 | 98.9 | 8.2 | |
| With generator 2 | 107.1 | | |
| Without generator 3 | 89.3 | 6.3 | |
| With generator 3 | 95.6 | | |
| Without generator 4 | 97.5 | 3.9 | |
| With generator 4 | 101.4 | | |
| Without generator 5 | 100.2 | 4.2 | |
| With generator 5 | 104.4 | | |

Based on the data form the table, changes in the mass of the samples are determined to estimate the amount of absorbed material.

The graphs were created using the Excel software. Moreover it should be remembered that the samples are not related by any dependence.

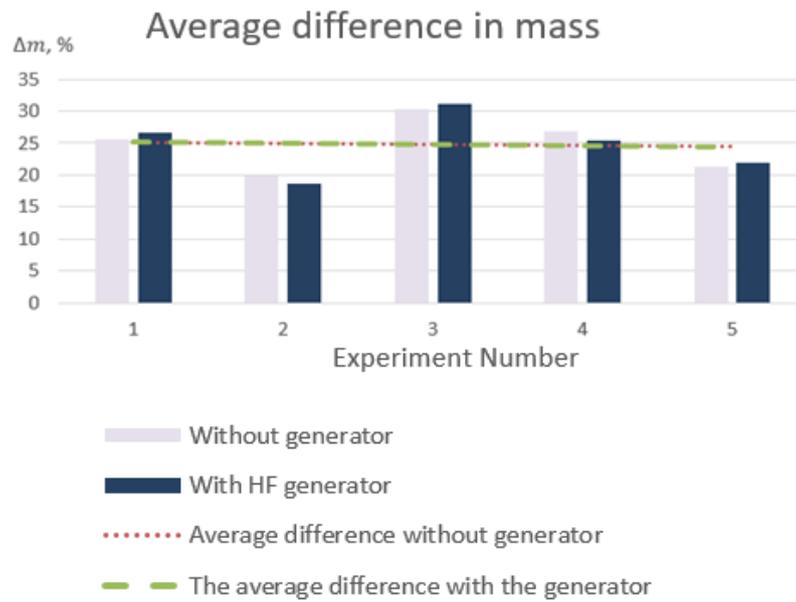


Figure 12 – The plot of the change in mass with a duration of impregnation of 15 minutes

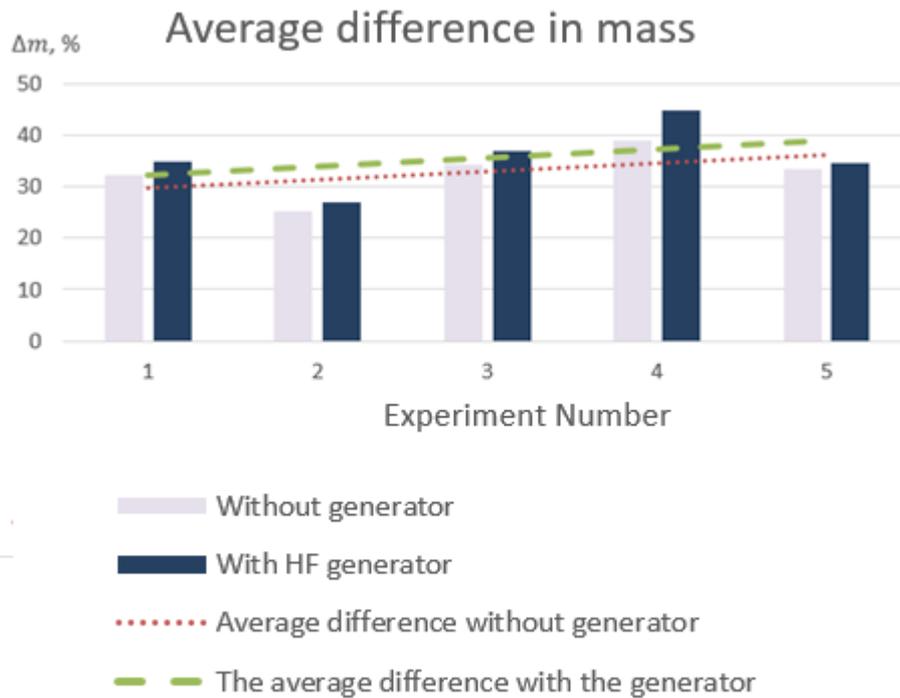


Figure 13 – The plot of the change in mass with a duration of impregnation of 30 minutes

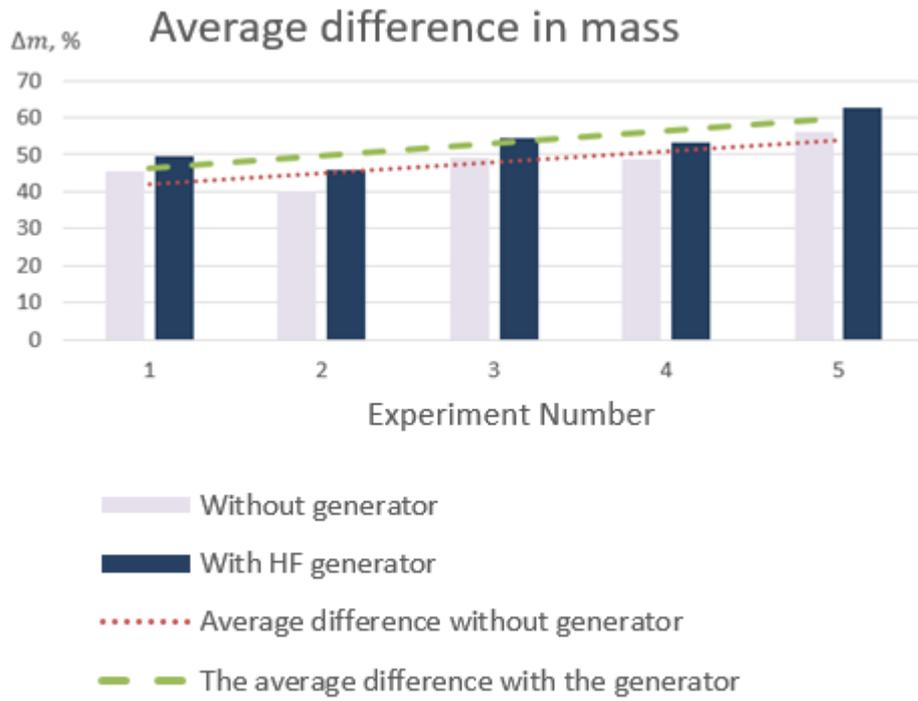


Figure 14 – The plot of the change in mass with a duration of impregnation of 60 minutes

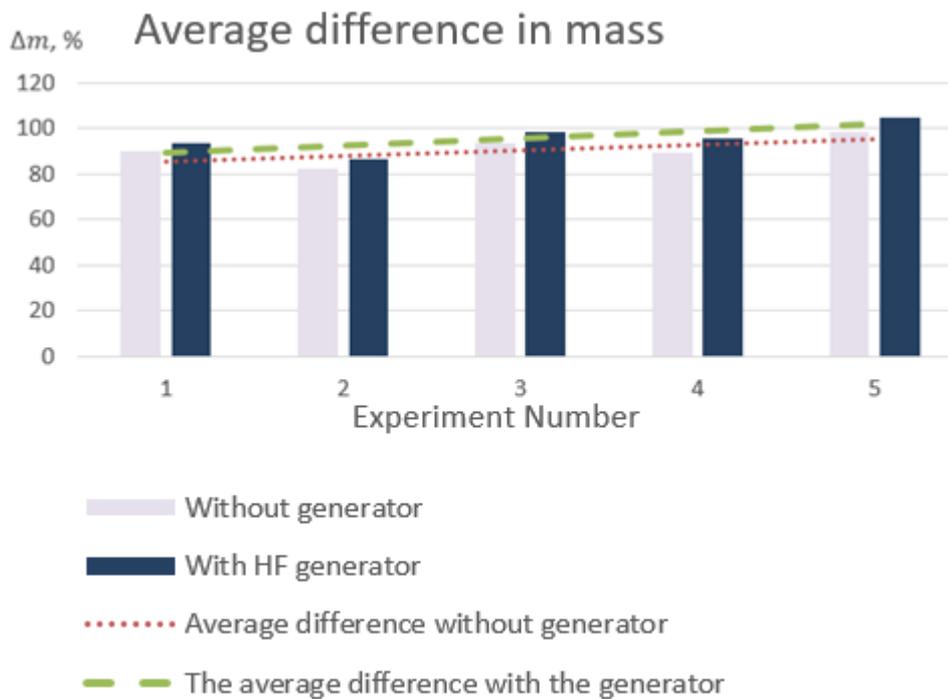


Figure 15 – The plot of the change in mass with a duration of impregnation of 120 minutes

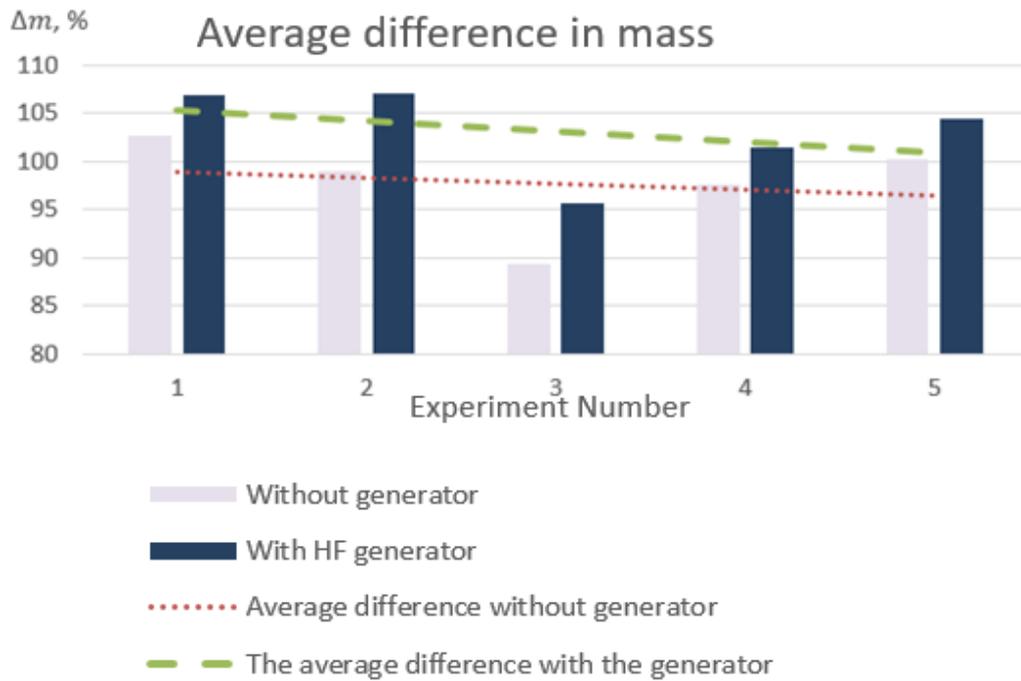


Figure 16 – The plot of the change in mass with a duration of impregnation of 150 minutes

In the Figures 12-16, the dotted lines indicate the average difference in the increase in mass. An important parameter is the difference between these two dashed lines.

A graph of the change but only of the average value of the difference in mass was constructed.

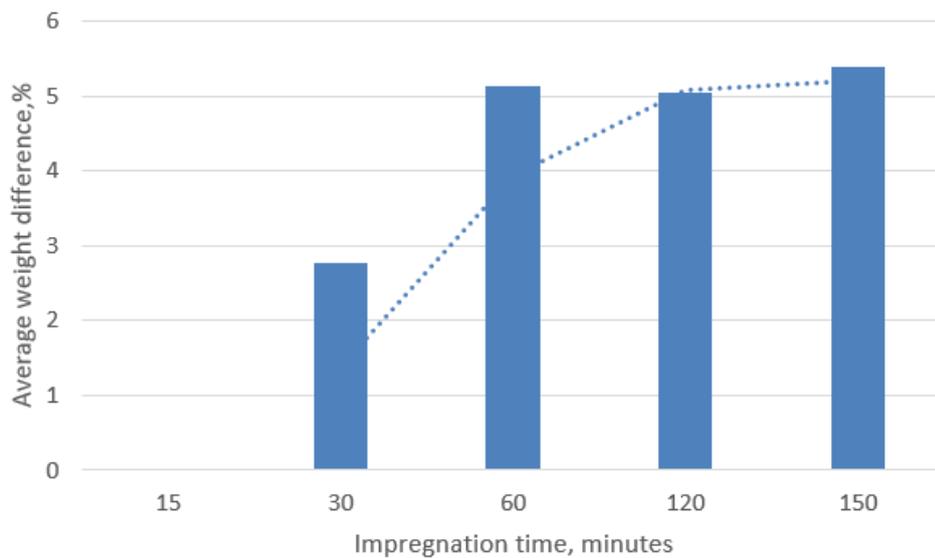


Figure 17 – Change in the average percentage difference in the mass of samples impregnated with the generator and without

According to the graphs, it can be concluded that impregnation of the samples for 15 minutes did not reveal any change in mass, when comparing the impregnation under the influence of the field and without it.

After impregnation for 30 minutes, it was found that, after impregnation with an HF generator, the average weight of the bars was 2.76% higher than the average weight of the bars after the impregnation without the generator.

When impregnated under the influence of an electric field for 1 hour, the change in the mass of impregnated samples was almost 6% greater than without the action of an electric field.

A further increase in the impregnation time did not show an increase in the mass of the samples when they were compared with each other.

Based on the results obtained, it can be concluded that the impregnation of the samples under the influence of the high-frequency field shows a very slight improvement in the impregnation quality.

At visual inspection, signs of impregnation of wood are absent (Figure 18).



a – sample impregnated under the influence of an electric field, b – sample impregnated without the influence of an electric field.

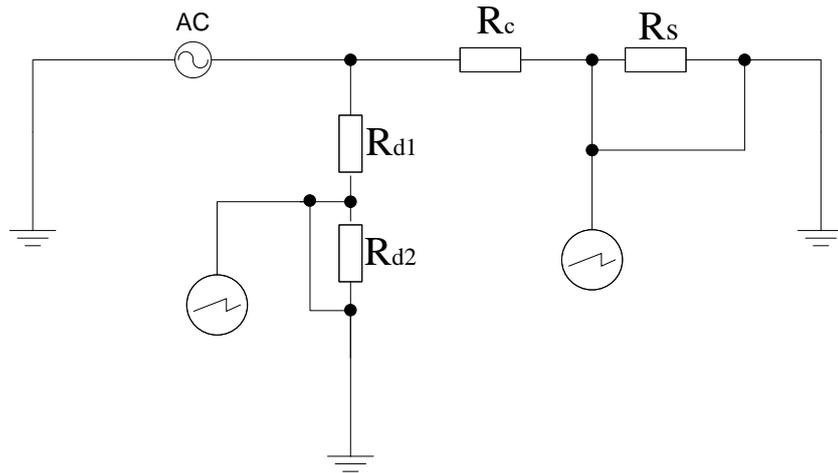
Figure 18 – Samples before and after impregnation under the influence of a high-frequency field for 150 minutes

4 Impregnation of wood under the influence of industrial frequency currents

Impregnation of wood under the influence of industrial frequency currents. The assumption was made that with increasing energy of the influencing field, the quality of impregnation will improve. To test this assumption, an industrial frequency current generator was used, providing an electric field energy of 1-1.5 kW.

The experimental conditions remained the same as in the experiment with a high-frequency generator. Vacuuming time is 30 minutes. The pressure in the chamber during impregnation is $1 \cdot 10^6$ Pa.

The electrical scheme of the experiment is shown in Figure 19.



R_{d1}, R_{d2} – voltage divider; R_c – resistance of the impregnating chamber;
 R_s – shunt resistance.

Figure 19 – The electrical scheme of the experiment with the generator of the current of the industrial frequency

Divider's voltage ratio is 500, as $R_{d2} = 500 \text{ k}\Omega$, $R_{d1} = 1 \text{ M}\Omega$. Shunt resistance $R_s = 0.06 \Omega$. HF generator parameters: voltage $U = 100\text{V}$, frequency of the generator $f = 50\text{Hz}$. Oscillograms obtained inside the impregnating chamber shown on Figure 20.

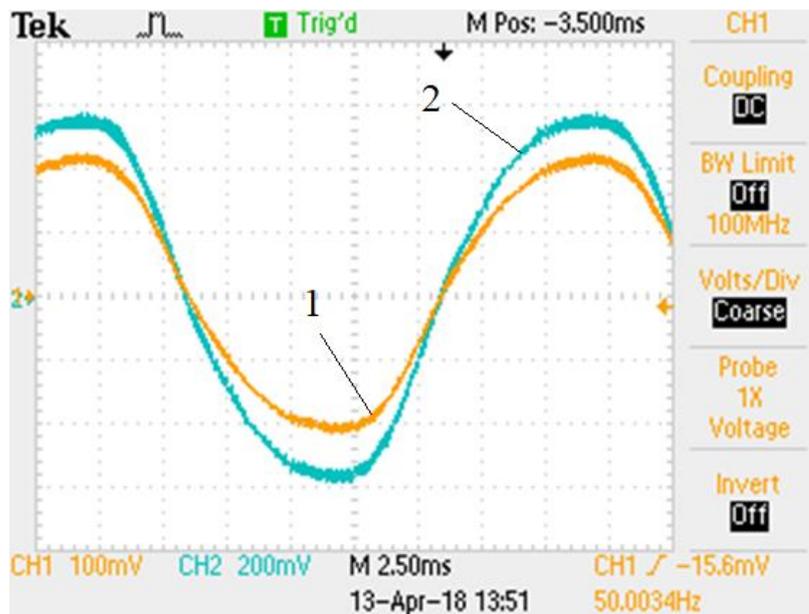


Figure 20 – Oscillograms of current (2) and voltage (1) of the industrial frequency obtained inside the impregnating chamber

The remaining parameters, such as the number of samples and their pre-treatment, as well as the experimental procedure, remained the same.

As a result of the experiments, the results presented in Table 3 were obtained.

Table 3 – Percentage increase in mass of samples.

| Type of experiment | Weight gain, % $\Delta m_{\%}$ | Difference in mass, % Δm | Average weight difference, % |
|------------------------------|-----------------------------------|--|---------------------------------|
| Impregnation time 15 minutes | | | |
| Without generator 1 | 28.9 | 3.2 | 1.4 |
| With generator 1 | 32.1 | | |
| Without generator 2 | 26.5 | 1.2 | |
| With generator 2 | 27.7 | | |
| Without generator 3 | 29.8 | 1.6 | |
| With generator 3 | 31.4 | | |
| Without generator 4 | 28.2 | 1.1 | |
| With generator 4 | 29.3 | | |
| Without generator 5 | 26.2 | -0.1 | |
| With generator 5 | 26.1 | | |
| Impregnation time 30 minutes | | | |
| Without generator 1 | 35 | 3.1 | 3.14 |
| With generator 1 | 38.1 | | |
| Without generator 2 | 33.9 | 3.4 | |
| With generator 2 | 37.3 | | |
| Without generator 3 | 37.7 | 3.5 | |
| With generator 3 | 41.2 | | |
| Without generator 4 | 35.7 | 4.2 | |
| With generator 4 | 39.9 | | |
| Without generator 5 | 33.4 | 1.5 | |
| With generator 5 | 34.9 | | |
| Impregnation time 60 minutes | | | |
| Without generator 1 | 55.9 | 5.6 | 6.5 |

Continuation of Table 3

| | | | |
|-------------------------------|-------|-------|--------|
| With generator 1 | 61.5 | | 6.5 |
| Without generator 2 | 55.3 | 7.7 | |
| With generator 2 | 63 | | |
| Without generator 3 | 59.2 | 4.9 | |
| With generator 3 | 64.1 | | |
| Without generator 4 | 62.7 | 5.9 | |
| With generator 4 | 68.6 | | |
| Without generator 5 | 54.4 | 8.4 | |
| With generator 5 | 62.8 | | |
| Impregnation time 120 minutes | | | |
| Without generator 1 | 90.8 | 51.5 | 57.7 |
| With generator 1 | 142.3 | | |
| Without generator 2 | 84.7 | 53.4 | |
| With generator 2 | 138.1 | | |
| Without generator 3 | 87.7 | 61.9 | |
| With generator 3 | 149.6 | | |
| Without generator 4 | 88.2 | 49.8 | |
| With generator 4 | 138 | | |
| Without generator 5 | 95.5 | 71.9 | |
| With generator 5 | 167.4 | | |
| Impregnation time 150 minutes | | | |
| Without generator 1 | 105.1 | 93.3 | 102.24 |
| With generator 1 | 198.4 | | |
| Without generator 2 | 99.8 | 107.3 | |
| With generator 2 | 207.1 | | |
| Without generator 3 | 93.9 | 101.7 | |
| With generator 3 | 195.6 | | |
| Without generator 4 | 95.7 | 105.7 | |
| With generator 4 | 201.4 | | |

Continuation of Table 3

| | | | |
|---------------------|-------|-------|--|
| Without generator 5 | 101.6 | 103.2 | |
| With generator 5 | 204.8 | | |

From the values obtained, we plot the change in the average percentage difference in mass (Figure 21).

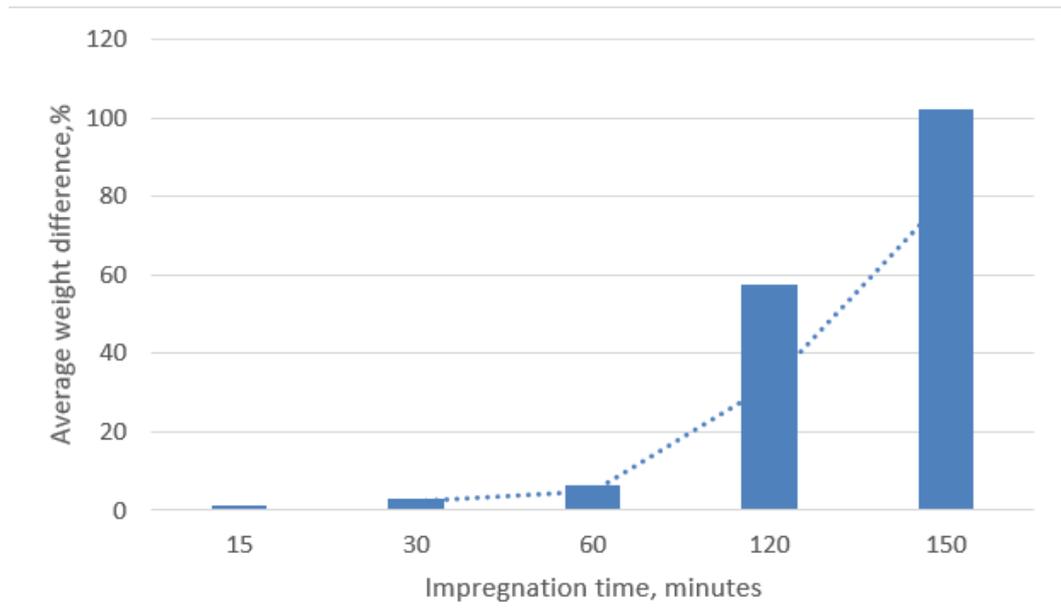


Figure 21 – Change in the average percentage difference in the mass of samples impregnated with the current generator of the industrial frequency and without

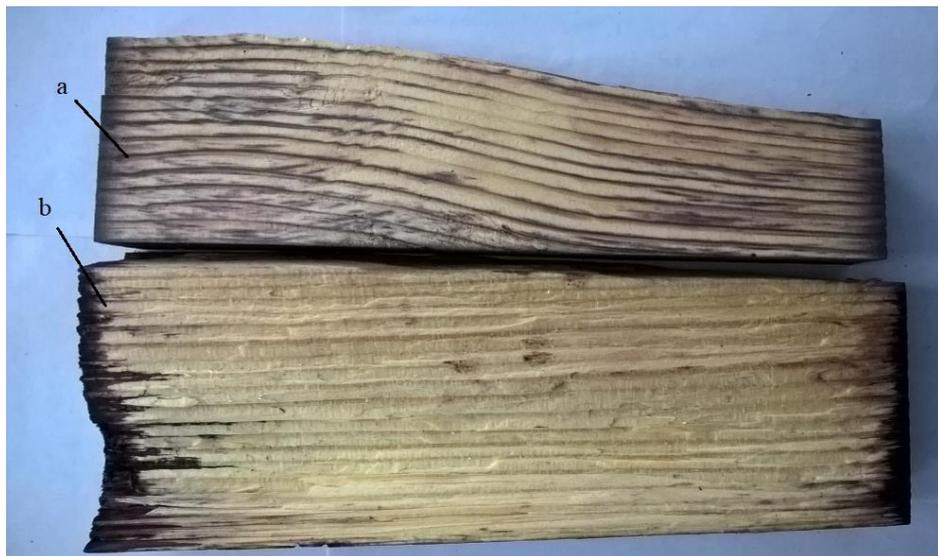
When exposed to industrial frequency currents for 15 minutes, it was found that, on average, the mass of impregnated samples was more by 1.4% than without exposure. When impregnated for 30 minutes, the difference was 3.14%. When impregnated for 60 minutes, the difference is equal to 6.5%.

Between 15 minutes and 60 minutes, on average, the results are similar to those obtained with impregnation with an RF generator. With a further increase in impregnation time, there is a marked improvement in impregnation quality. When impregnated within 2 hours, the difference in the increase in the mass of the samples under the influence of industrial frequency current generator relative to the

impregnation without the influence of industrial frequency current generator was 57.7%.

When impregnating according to the method described above, the difference in weight change in samples impregnated within 2 hours 30 minutes averaged 102.24%.

During visual observation, after the samples are split along the fibers, impregnated channels are observed with the solution along the length of the entire sample. (Figure 22)



a – sample impregnated under the influence of an electric field; b – sample impregnated without the influence of an electric field.

Figure 22 – Samples before and after impregnation under the influence of industrial frequency currents

To further study the improvement in impregnation quality, the impregnation time should be increased.

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

Студенту:

| | |
|--------|-----------------------------|
| Группа | ФИО |
| 4ТМ61 | Ахметтаеву Жанибеку Асылулы |

| | | | |
|------------------------|---------------------------------|---------------------------|--|
| Школа | ИШНПТ | Отделение школы (НОЦ) | Отделение материаловедения |
| Уровень образования | Магистр техники и технологии | Направление/специальность | 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника |

Исходные данные к разделу «Ресурсоэффективность и финансовый менеджмент»:

| | |
|---|---|
| <i>1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i> | <i>Потенциальные потребители результатов НИИ</i> |
| <i>2. Нормы и нормативы расходования ресурсов</i> | <i>Норма амортизации установки 10% Норма амортизации ПК 33,3</i> |
| <i>3. Использование систем налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i> | <i>Отчисления во внебюджетные страховые фонды, которые составляют 30 %.</i> |

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

| | |
|--|---|
| <i>1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НИИ</i> | <i>SWOT-анализ НИИ, разработка иерархической структуры проекта</i> |
| <i>2. Разработка устава научно-технического проекта</i> | <i>Проект выполняется в рамках магистерской диссертации, устав не требуется.</i> |
| <i>3. Планирование процесса управления НИИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i> | <i>Разработка календарного плана и бюджета научного исследования.</i> |
| <i>4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i> | <i>Определение целесообразности и эффективности НИИ: оценка рисков и научно-технического уровня исследования, оценка ресурсоэффективности проекта</i> |

Перечень графического материала:

| |
|--|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Карта сегментирования рынка 2. Матрица SWOT -анализа проекта 3. Иерархическая структура работ 4. Диаграмма Ганта 5. Смета затрат на научно-исследовательскую работу |
|--|

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

| | | | | |
|--|--------------------------------------|------------------------------|---------|------|
| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
| Доцент отделения социально-гуманитарных наук | Старикова Екатерина Васильевна | | | |

Задание принял к исполнению студент:

| | | | |
|--------|---------------------------|---------|------|
| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
| 4ТМ61 | Ахметтаев Жанибек Асылулы | | |

5 Ресурсоэффективность и финансовый менеджмент

Темой магистерской выпускной квалификационной работы является исследование влияния высокочастотного электрического поля на качество объемной пропитки древесины хвойных пород водными растворами.

Целью раздела «Ресурсоэффективность и финансовый менеджмент» является оценка эффективности и возможности проведения данного исследования, оценки рисков и затрат, а также решение задач [42].

Поставим задачи для данного раздела:

- Оценить перспективность исследования;
 - Составить план выполнения исследования;
- Рассчитать необходимые затраты для исследования.

5.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

- Перспективность исследований определяется не столько важностью и глобальностью открытия, которые тяжело оценить на начальных этапах проекта, а именно коммерческой оценкой. Оценка коммерческой ценности – обязательно условие, необходимое для поиска источников финансирования и, следовательно, для успешного проведения научного исследования [42].

Отечественный и зарубежный опыт показывает, что недостаточная оценка рынков сбыта производимой продукции является одной из главных причин несостоятельности многих проектов. Необходим глубокий анализ спроса на продукцию, которую предполагается выпускать, определить, в каких объемах и по какой цене его купят. Определив спрос, устанавливают максимальный объем производства, который предприниматель сможет осуществить с учетом своих потенциальных возможностей.

Потенциальными потребителями данного научно технического исследования являются строительные компании, деревообрабатывающие заводы, компании по производству мебели.

Таблица 4 – Карта сегментирования рынка

| | | Отрасли, заинтересованные в модифицированной древесине | | | |
|--|--|--|-----------------------|-----------------------------|-----------------------|
| | | Научные институты | Строительные компании | Деревообрабатывающие заводы | Производственные цехи |
| Сфера деятельности по модифицированной древесине | Производство модифицированной древесины | | | x | x |
| | Освоение новых методов пропитки древесины | x | | x | |
| | Изучение свойств модифицированной древесины | x | | x | |
| | Анализ характеристик древесины | x | x | | x |
| | Продажа пропитанной древесины | | x | x | x |
| | Продажа результатов исследований и установок по пропитке древесины | x | | x | x |
| | Использование модифицированной древесины в промышленных целях | | x | x | x |

Как видно из карты сегментирования, основным сегментом данного рынка являются деревообрабатывающие заводы, которые выполняют почти весь цикл работ, связанных с модифицированной древесиной. Целью исследований, выполняемых в рамках ВКР, является исследование влияния высокочастотного

электрического поля на качество объемной пропитки древесины хвойных пород водными растворами. По причине того, что все классические способы модификации древесины пропиткой не эффективны для хвойных пород данное исследование поможет разработать или помочь в разработке нового метода пропитки хвойной древесины.

Иерархическая структура работ – инструмент, позволяющий разбить проект на составные части. Она устанавливает иерархически структурированное распределение работ по реализации проекта, описывает все работы, которые должны быть выполнены в проекте.

Содержание работ данного проекта определено и структурировано в виде иерархии, которая приведена на рисунке 14.

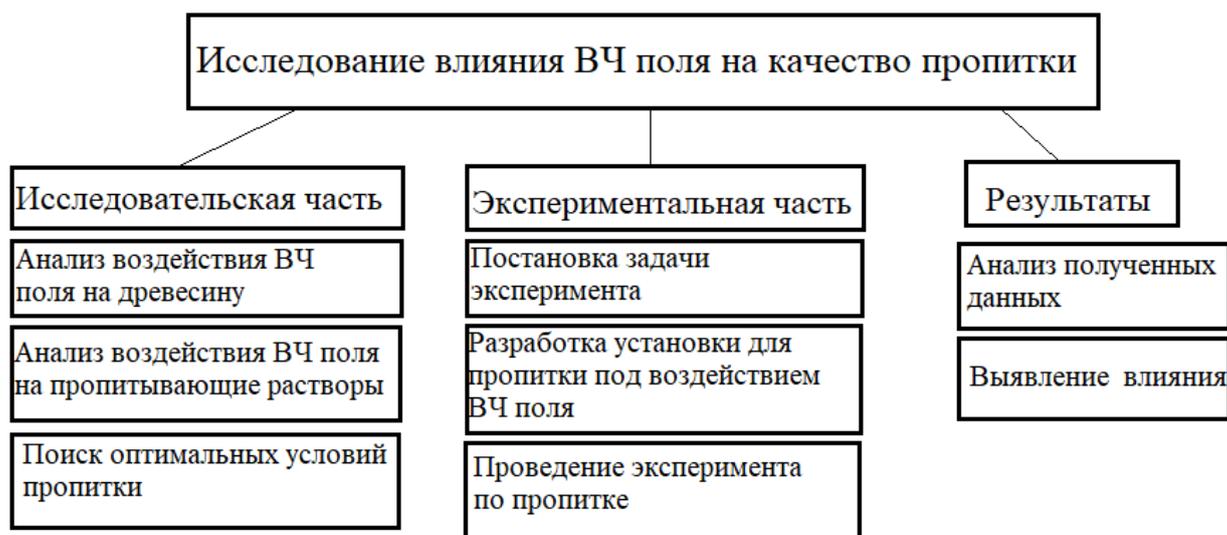


Рисунок 14 – Иерархическая структура работ

Приведенная на рисунке 14 структура работ – важнейший элемент успеха проекта, потому что фокусирует внимание на результате проекта. Благодаря декомпозиции, исполнители проекта получили полное и одновременно ясное представление ожидаемого результата всего проекта.

Для того чтобы оценить факторы и явления, способствующие или препятствующие продвижению проекта, был произведен SWOT – анализ проекта.

Описание сильных и слабых сторон проекта, выявление возможностей и угроз для реализации проекта приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Матрица SWOT

| Сильные стороны | Возможности во внешней среде |
|--|--|
| С1. Уникальность исследования С2. Исследовательская тема работы С3. Наличие опытного научного руководителя С4. Актуальность проводимого исследования С5. Обширная сфера применения | В1. Возможность создания партнерских отношений с рядом исследовательских институтов В2. Возможность создания патента В3. Возможность выхода на широкий рынок В4. Возможность быстрого выхода на рынок, в связи с относительной простотой конструкции. В5. Возможность участвовать в конференциях |
| Слабые стороны | Угрозы внешней среды |
| Сл1. Влияние ВЧ поля может оказаться незначительным Сл2. Информационные материалы могут быть использованы конкурентами Сл3. Исследование занимает долгое время Сл4. Требуется тщательного сбора исходных данных Сл5. Отсутствие прототипа научной разработки | У1. Развитие конкуренции из-за невысокой стоимости необходимого оборудования. У2. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования У3. Несвоевременная обеспечение материалами для исследования (сухая древесина хвойных пород). |

Следующий этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений.

При анализе сильных сторон проекта можно выявить следующие коррелирующие сильные стороны и возможности: В1С1С2С3С4С5С6, В2С1С4С5, В3С1С4С5С6, также можно выявить следующие корреляции сильных сторон и угроз: У1С4С5С6.

При анализе слабых сторон можно выявить следующие коррелирующие слабых сторон и возможности: В1Сл1Сл4, В3Сл1Сл2Сл5, также можно выявить следующие корреляции слабых сторон и угроз: У1Сл2, У2Сл3, У3Сл2Сл3Сл4.

Таблица 6 – SWOT-анализ

| | | |
|--|---|--|
| | <p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Уникальность исследования 2. Возможность участвовать в конференциях 3. Наличие опытного научного руководителя 4. Актуальность проводимого исследования 5. Обширная сфера применения 6. Большое количество потенциальных потребителей продукции | <p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Влияние ВЧ поля может оказаться незначительным 2. Информационные материалы могут быть использованы конкурентами 3. Исследование занимает долгое время 4. Требуется тщательного сбора исходных данных |
|--|---|--|

Продолжение таблицы 6

| | | |
|---|--|--|
| <p>Возможности:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Возможность создания партнерских отношений с рядом исследовательских институтов 2. Возможность создания патента 3. Возможность выхода на широкий рынок 4. Возможность быстрого выхода на рынок, в связи с относительной простотой конструкции. | <p>Актуальность разработки и опытный руководитель дает возможность сотрудничать с рядом ведущих исследовательских институтов;</p> <p>За счет новизны и фактически отсутствия аналогов эффективной пропитки древесины хвойных пород возможен быстрый выход на широкий рынок. Возможность применения исследования во всех сферах, имеющих отношение к древесине.</p> | <p>Возможность наличия партнерских отношений с исследовательскими институтами для поиска наиболее оптимальных параметров пропитки;</p> |
| <p>Угрозы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Развитие конкуренции из-за невысокой стоимости необходимого оборудования. <p>Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования</p> <p>Несвоевременная обеспечение материалами для исследования (сухая древесина хвойных пород).</p> | <p>Универсальность применения методов исследований, возможность создания патента, и обширная сфера применения программного комплекса минимизируют влияния развитой конкуренции в обозначенной сфере</p> <p>Актуальность проводимого исследования и наличие опытного научного руководителя в сочетании с принципиально новой методикой проведения работ обеспечивают стремительный выход на промышленный рынок.</p> | <p>При обнаружении незначительного влияния ВЧ поля, благодаря новизне экспериментов, результаты исследования можно использовать для выступления на конференциях или в дальнейших исследованиях в совместных проектах с другими научными институтами.</p> |

Таким образом, самой большой угрозой для проекта является развитие конкуренции в области пропитки хвойной древесины, чего, при обнаружении положительного эффекта на качество пропитки, можно избежать благодаря созданию патента. Также среди угроз можно отметить несвоевременное обеспечение необходимыми материалами, так как даже одна серия экспериментов может занимать от одного дня до недели, то задержки могут

сильно затянуть все исследование. Этого можно избежать благодаря развитой инфраструктуре ТПУ и составлению контракта с проверенными поставщиками.

Исследование имеет большой потенциал, широкий круг потенциальных потребителей и возможность выхода на внешний рынок.

Планирование работ выполняется поэтапно:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Для выполнения научного исследования собирается группа, в состав которой входят научный руководитель и инженер. По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей.

В данном пункте составлен перечень работ в рамках проведения научного исследования и распределены исполнители по видам работ. Порядок приведен в таблице 7.

Таблица 7 – Перечень этапов работ и распределение исполнителей

| Основные этапы | № раб | Содержание исследовательской части работ | Содержание технической части работ | Должность исполнителя |
|---|-------|--|---|-----------------------|
| Структурирование исследования | 1 | Составление и утверждение технического задания | Обзор литературы, сбор необходимых данных, технических параметров оборудования, разработка технологического процесса. | Руководитель |
| | 2 | Планирование эксперимента | Подготовка образцов древесины | Инженер |
| | 3 | Календарное планирование работ по теме | Составление графика выполнения работ на всех этапах. | Инженер |
| Пропитка древесины под воздействием ВЧ поля | 4 | Оценка длительности пропитки | Получение точки при которой достигнута максимально возможная пропитка | Инженер |
| | 5 | Определение качества пропитки | Распиловка древесины | Инженер |
| Сбор данных | 6 | Анализ количества впитанного вещества | Взвешивание образцов | Инженер |
| | 7 | Анализ энергии, введенной в камеру | Снятие осциллограммы тока. | Инженер |
| | 8 | Визуальный анализ образцов | Определение качества пропитки с помощью колориметра | Инженер |
| Анализ НП | 9 | Сравнение полученных результатов | Анализ данных. | Инженер |
| Оформление отчета по НИР | 10 | Составление пояснительной записки | Составление отчета о проделанной работе, с указанием проблематики проводимого исследования, результатов. | Инженер |
| | 11 | Архивация полученных выводов | Написание выводов о проделанной работе. | Руководитель, инженер |

Линейный график проекта представлен в виде календарного плана.

Таблица 8 – Календарный план

| № работ | Вид работ | Длительность, дни | Дата начала работ | Дата окончания работ | Состав участников |
|---------|--|-------------------|-------------------|----------------------|-----------------------|
| 1 | Составление и утверждение технического задания | 21 | 8.09.17 | 28.09.17 | Руководитель |
| 2 | Планирование эксперимента | 38 | 29.09.17 | 05.11.17 | Инженер |
| 3 | Календарное планирование работ по теме | 7 | 06.11.17 | 12.11.17 | Инженер |
| 4 | Оценка длительности пропитки | 35 | 13.11.17 | 18.12.17 | Инженер |
| 5 | Определение качества пропитки | 30 | 19.12.17 | 19.01.18 | Инженер |
| 6 | Анализ количества впитанного вещества | 15 | 20.01.18 | 05.02.18 | Инженер |
| 7 | Расчет энергии, введенной в камеру | 15 | 06.02.18 | 21.02.18 | Инженер |
| 8 | Визуальный анализ образцов | 30 | 22.02.18 | 22.03.18 | Инженер |
| 9 | Сравнение полученных результатов | 51 | 23.03.18 | 14.05.18 | Инженер |
| 10 | Составление пояснительной записки | 7 | 15.05.18 | 21.05.18 | Инженер |
| 11 | Архивация полученных выводов | 7 | 22.05.18 | 28.05.18 | Руководитель, инженер |
| | Итого | | 227 | | |

Таблица 9 - Диаграмма Ганта

| № | Вид работ | Исполнители | Дни | Продолжительность выполнения работ | | | | | | | | | | |
|----|--|-----------------------|-----|------------------------------------|---------|--------|---------|--------|---------|------|--------|-----|---|---|
| | | | | Сентябрь | Октябрь | Ноябрь | Декабрь | Январь | Февраль | Март | Апрель | Май | | |
| 1 | Составление и утверждение технического задания | Руководитель | 21 | ■ | | | | | | | | | | |
| 2 | Планирование эксперимента | Инженер | 38 | | ■ | | | | | | | | | |
| 3 | Календарное планирование работ по теме | Инженер | 7 | | | ■ | | | | | | | | |
| 4 | Оценка длительности пропитки | Инженер | 35 | | | ■ | | | | | | | | |
| 5 | Определение качества пропитки | Инженер | 30 | | | | ■ | | | | | | | |
| 6 | Анализ количества впитанного вещества | Инженер | 15 | | | | | ■ | | | | | | |
| 7 | Расчет энергии, введенной в камеру | Инженер | 15 | | | | | | ■ | | | | | |
| 8 | Визуальный анализ образцов | Инженер | 15 | | | | | | | ■ | | | | |
| 9 | Сравнение полученных результатов | Инженер | 28 | | | | | | | | ■ | | | |
| 10 | Составление пояснительной записки | Инженер | 7 | | | | | | | | | | ■ | |
| 11 | Архивация полученных выводов | Руководитель, инженер | 7 | | | | | | | | | | | ■ |

Таким образом, общее число работ составило 11. Ожидаемая трудоемкость работ для научного руководителя составила 28 чел-дней, для студента-исполнителя составила 206 чел-дней. Общая максимальная длительность выполнения работы составила 227 календарных дней.

5.2 Расчет бюджета для научно-технического исследования

В процессе формирования бюджета НТИ используется группировка затрат по статьям:

- материальные затраты НТИ;
- затраты на специальное оборудование для научных исследований;
- основная заработная плата;
- дополнительная заработная плата;
- отчисления во внебюджетные фонды;
- накладные расходы.

Так же для оценки расходов, затраченных на проведение данного научно технического исследования, составим смету расходов и амортизацию используемой техники.

Рассчитываем смету расходов, включающую затраты на приобретение необходимого оборудования для разработки проекта и текущие расходы. Затраты, образующие себестоимость продукции (работ, услуг), группируются в соответствии с их экономическим содержанием по следующим элементам:

Амортизация — это процесс периодического переноса начальной стоимости основного средства или нематериального актива на производственные, коммерческие или общехозяйственные расходы — в зависимости от того, как этот актив используется.

Таблица 10 – Амортизация

| Наименование | Стоимость, руб | Срок службы, лет | Время использовани я, дней | Амортизация, руб |
|---------------------------|----------------|------------------|-------------------------------|------------------|
| ПК | 45000 | 3 | 140 | 5753 |
| Высокочастотный генератор | 60000 | 5 | 35 | 1150 |
| Осциллограф | 80000 | 5 | 50 | 1052 |
| Пропиточная камера | 1000000 | 20 | 70 | 9668 |
| Вакуумный насос | 50000 | 5 | 70 | 19150 |
| Насос высокого давления | 70000 | 5 | 70 | 2684 |
| Итого | | | | 39457 |

В данном пункте рассчитывается основная заработная плата руководителя и инженера. Заработная плата определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок ТПУ. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы.

Пункт включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НТИ, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату:

$$Z_{\text{зп}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}, \quad (4)$$

где $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата;

$Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата (12-20 % от $Z_{\text{осн}}$).

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}}, \quad (5)$$

где $Z_{\text{м}}$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

$F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб.дн.

Таблица 11. Баланс рабочего времени

| Показатели рабочего времени | Научный руководитель | Инженер |
|--|----------------------|---------|
| Календарное число дней | 365 | 365 |
| Количество нерабочих дней | | |
| - выходные дни | 52 | 104 |
| - праздничные дни | 14 | 14 |
| Потери рабочего времени | | |
| - отпуск | 48 | 24 |
| - невыходы по болезни | 10 | 10 |
| Действительный годовой фонд рабочего времени | 242 | 214 |
| Рабочие дни | 28 | 206 |

Таблица 12 – Расчёт основной заработной платы

| Исполнители | З _{гс} , руб. | З _{дн} , руб. | Т _р , раб.дн. | З _{осн} , руб. |
|----------------------|------------------------|------------------------|--------------------------|-------------------------|
| Научный руководитель | 31434 | 1350 | 23 | 31050 |
| Инженер | 14584 | 763 | 140 | 106820 |
| Итого | | | | 137870 |

Тарифные ставки были приняты на основании регламентирующих документов планово-финансового отдела ТПУ [43].

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} \quad (6)$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

Также рассчитываются обязательные отчисления органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС).

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (7)$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2017 году водится пониженная ставка – 30 %.

Отчисления во внебюджетные фонды представлено в таблице 13.

Таблица 13 - Отчисления во внебюджетные фонды

| Исполнитель | Основная заработная плата, руб. | Дополнительная заработная плата, руб. | Итого |
|-------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|--------|
| Научный руководитель | 31050 | 4658 | 35708 |
| Инженер | 106820 | 16023 | 122843 |
| Итого | 137870 | 20681 | 158551 |
| Отчисления, руб (30 %) | | | |
| Научный руководитель | 10712 | | 47565 |
| Инженер | 36853 | | |

Накладные расходы – то все прочие затраты, не вошедшие в предыдущие пункты (ксерокопии, электроэнергия, отопление, услуги связи и др.). Вычисляются по следующей формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (Z_{\text{аморт}} + Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (8)$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%, тогда размер накладных расходов составит 38082 рублей.

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведено в таблице 14.

Таблица 14 – Расчет бюджета затрат НТИ

| Наименование статьи | Итого | % |
|---|--------|------|
| 1. Амортизация | 79461 | 24,5 |
| 2. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы | 137870 | 42,6 |
| 3. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы | 20681 | 6,4 |
| 4. Отчисления во внебюджетные фонды | 47565 | 14,7 |
| 5. Накладные расходы | 38082 | 11,8 |
| Бюджет затрат НТИ | 323659 | |

Таким образом, затраты на амортизацию составили 39457 рублей, основная заработная плата 137870 рублей, дополнительная заработная плата 20681 рублей, отчисления во внебюджетные фонды 47565 рублей, накладные расходы 38082. Суммарный бюджет затрат научного исследования составил – 283655 рублей. С учетом перспективности исследования и бюджет НИ ТПУ проведение данного научного исследования является целесообразным.

5.3 Оценка рисков научно - технического исследования

При оценке рисков НТИ оценивается вероятность их наступления (P_i). По шкале от 0 до 100 процентов: 100 – наступит точно, 75 – скорее всего наступит, 50 – ситуация неопределенности, 25 – риск скорее всего не наступит, 0 – риск не наступит. Оценка важности риска оценивается весовым коэффициентом (w_i). Важность оценивается по 10- балльной шкале b_i . Сумма весовых коэффициентов должна равняться единице. Оценка важности рисков приведена в таблице 15.

Таблица 15 – Экономические риски

| № | Риски | P _i | b _i | w _i | P _i *w _i |
|---|--|----------------|----------------|----------------|--------------------------------|
| 1 | Инфляция | 100 | 1 | 0,019 | 1,960 |
| 2 | Экономический кризис | 25 | 2 | 0,039 | 0,980 |
| 3 | Недобросовестность поставщиков | 25 | 6 | 0,117 | 2,941 |
| 4 | Непредвиденные расходы в плане работ | 50 | 7 | 0,137 | 6,862 |
| 5 | Снижение уровня спроса на продукцию | 25 | 10 | 0,196 | 4,9 |
| 6 | Сложность выхода на мировой рынок | 50 | 7 | 0,137 | 6,85 |
| 7 | Колебания рыночной конъюнктуры | 25 | 6 | 0,117 | 2,941 |
| 8 | Отсутствие в числе сотрудников экономистов | 25 | 2 | 0,039 | 0,980 |
| 9 | Низкие объемы сбыта | 25 | 10 | 0,196 | 4,9 |
| | Сумма | | 51 | 1 | 33,314 |

Таблица 16 – Технологические риски

| № | Риски | P _i | b _i | w _i | P _i *w _i |
|---|--|----------------|----------------|----------------|--------------------------------|
| 1 | Возможность поломки оборудования | 25 | 7 | 0,25 | 6,25 |
| 2 | Низкое качество поставленного оборудования | 25 | 9 | 0,3214 | 8,0357 |
| 3 | Неправильная сборка оборудования | 25 | 8 | 0,2857 | 7,1428 |
| 4 | Опасность для работающего персонала и аппаратуры | 50 | 4 | 0,1428 | 7,14 |
| | Сумма | | 28 | 1 | 28,568 |

Таблица 17 – Научно-технические риски

| № | Риски | P _i | b _i | w _i | P _i *w _i |
|---|--|----------------|----------------|----------------|--------------------------------|
| 1 | Развитие конкурентных технологий | 75 | 7 | 0,145 | 10,937 |
| 2 | Создание новых методов пропитки | 75 | 7 | 0,145 | 10,937 |
| 3 | Риск невозможности усовершенствования технологии | 50 | 8 | 0,166 | 8,333 |
| 4 | Отсутствие результата в установленные сроки | 75 | 7 | 0,145 | 10,875 |
| 5 | Получение отрицательного результата при внедрении в производство | 75 | 10 | 0,208 | 15,6 |
| 6 | Несвоевременное патентование | 50 | 9 | 0,187 | 9,35 |
| | Сумма | | 48 | 1 | 66,029 |

Далее производится расчет общих рисков:

Таблица 18 – Общая оценка риска проекта

| Виды рисков в группе | P _i | b _i | W _i | P _i *W _i |
|----------------------|----------------|----------------|----------------|--------------------------------|
| Экономические | 38,88 | 10 | 0,25 | 9,72 |
| Технологические | 31,25 | 9 | 0,5 | 15,625 |
| Научно-технические | 66,6 | 6 | 0,25 | 16,65 |
| Итого | | 25 | 1 | 41,9 |

Итоговая оценка составила около 42%, что является весьма неплохим показателем для научного исследования.

5.4 Анализ и оценка научно-технического уровня исследования

Необходимо рассчитать коэффициент научно-технического уровня. Коэффициент НТУ рассчитывается при помощи метода балльных оценок, в котором каждому из признаков НТУ присваивается определенное число баллов по принятой шкале. Общую оценку приводят по сумме баллов по всем показателям с учетом весовых характеристик. Общая оценка рассчитывается по формуле:

$$HTU = \sum_{i=1}^n k_i \cdot P_i \quad (9)$$

где k_i – весовой коэффициент i – го признака;

P_i – количественная оценка i – го признака.

Таблица 19 – Весовые коэффициенты НТУ

| Признаки НТУ | Весовой коэффициент |
|-----------------------------------|---------------------|
| Уровень новизны | 0.4 |
| Теоретический уровень | 0.2 |
| Возможность и масштабы реализации | 0.4 |

Таблица 20 – Шкала оценки новизны

| Баллы | Уровень |
|-------------|---------------------------------|
| 1-4 | Низкий НТУ |
| 5-7 | Средний НТУ |
| <u>8-10</u> | <u>Сравнительно высокий НТУ</u> |
| 11-14 | Высокий НТУ |

Таблица 21 – Значимость теоретических уровней

| Характеристика значимости теоретических уровней | Баллы |
|---|-----------|
| <u>Установка законов, разработка новой теории</u> | <u>10</u> |

| | |
|---|-----|
| Глубокая разработка проблем, многосторонний анализ, взаимозависимость между факторами | 8 |
| Разработка алгоритма | 6 |
| Элементарный анализ связей между факторами (наличие гипотезы, объяснение версий, практические рекомендации) | 2 |
| Описание отдельных факторов (вещества, свойств, опыта, результатов) | 0.5 |

Таблица 22 - Возможность реализации по времени и масштабам

| Время реализации | Баллы |
|--------------------------------|--------------|
| <u>В течение первых лет</u> | <u>10</u> |
| От 5 до 10 лет | 4 |
| Свыше 10 лет | 2 |
| Масштабы реализации | Баллы |
| Одно или несколько предприятий | 2 |
| Отрасль | 4 |
| <u>Народное хозяйство</u> | <u>10</u> |

$$k_1 = 0.4, P_1 = 10, k_2 = 0.2, P_2 = 10, k_3 = 0.2, P_3 = 10, k_4 = 0.2, P_4 = 10,$$

$$НТУ = 0,4 \cdot 10 + 0,2 \cdot 10 + 0,2 \cdot 10 + 0,2 \cdot 10 = 10$$

По полученным результатам расчета коэффициента научно-технического уровня можно сделать вывод, что данный проект имеет высокую значимость теоретического и практического уровня, и при этом используется в широком спектре отраслей.

Таким образом, анализируя результаты оценки, можно заключить, что проводимое исследование имеет высокую значимость теоретического и практического уровня, а также приемлемый уровень рисков. Это подтверждает целесообразность проводимого научного исследования.

5.5 Оценка ресурсоэффективности проекта

Ресурсоэффективность исследования влияния высокочастотного поля на качество пропитки определяется при помощи интегрального критерия ресурсоэффективности, который имеет следующий вид:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i \quad (10)$$

где: I_{pi} - интегральный показатель ресурсоэффективности;

a_i - весовой коэффициент проекта;

b_i - бальная оценка проекта, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности представлен в таблице 23.

Таблица 23 - Сравнительная оценка характеристик проекта

| Критерии | Весовой коэффициент | Бальная оценка разработки |
|-----------------------|---------------------|---------------------------|
| 1. Качество пропитки | 0,25 | 3 |
| 2. Рентабельность | 0,25 | 5 |
| 3. Производительность | 0,20 | 5 |
| 4. Экономичность | 0,20 | 3 |
| 5. Экологичность | 0,10 | 5 |
| Итого: | 1,00 | |

Интегральный показатель ресурсоэффективности для разрабатываемого проекта:

$$I_{pi} = 0,25 \cdot 3 + 0,25 \cdot 4 + 0,20 \cdot 5 + 0,20 \cdot 3 + 0,10 \cdot 5 = 4,1$$

Проведенная оценка ресурсоэффективности проекта дает хороший результат (4,1 из 5), что свидетельствует об эффективности реализации технического проекта.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности проекта имеет важное значение при выполнении раздела «Ресурсоэффективность и финансовый менеджмент». Его высокое значение говорит об эффективности использования технического проекта. Высокие баллы безопасности и

надежности, удобства в эксплуатации и предполагаемый срок эксплуатации позволяют судить о корректно выполненной разработке системы.

Заключение

В ходе выполнения раздела «Ресурсоэффективность и финансовый менеджмент» были решены следующие задачи:

1 Проведена оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научного исследования на примере SWOT-анализа, результат которого показал большой потенциал проводимого исследования, а также возможность быстрого выхода на широкий рынок обеспечены принципиально новой технологией к решению поставленной задачи.

2 Определен полный перечень работ, проводимых при исследовании качества пропитки. Общее число работ составило 11. Определена трудоемкость проведения работ. Ожидаемая трудоемкость работ для научного руководителя составила 28 чел-дней, для студента-исполнителя составила 206 чел-дней. Общая максимальная длительность выполнения работы составила 227 календарных дней.

3 Суммарный бюджет затрат НИИ составил – 283655 рублей. Расчет бюджета осуществлялся на основе следующих пунктов:

- расчет материальных затрат НИИ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы.

4 Определена целесообразность и эффективность научного исследования путем анализа и оценки научно-технического уровня проекта, а также оценки возможных рисков. В результате проводимое исследование имеет высокую

значимость теоретического и практического уровня и приемлемый уровень рисков.

5 Проведена оценка ресурсоэффективности проекта (4,1 по 5- бальной шкале), что говорит об хорошей реализации данного научно- технического проекта.

Следует отметить важность для проекта в целом проведенных в данной главе работ, которые позволили объективно оценить эффективность проводимого научно-технического исследования.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

| | |
|---------------|-----------------------------|
| Группа | ФИО |
| 4ТМ61 | Ахметгаеву Жанибеку Асылулы |

| | | | |
|--------------------------------|--------------|----------------------------------|---|
| Школа | ИШНПТ | Отдел школы | Отделение материаловедения |
| Уровень образования | Магистратура | Направление/специальность | 13.04.02 – «Электроэнергетика и электротехника» |

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

| | |
|---|---|
| <p>1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения</p> | <p>Объектом исследования является древесина хвойных пород. Предметом исследования является объемная пропитка древесины. Рабочая зона – 11Г корпус, лаборатория № 010. Результаты данного исследования могут применяться в лесной и деревообрабатывающей, строительной и мебельной промышленности.</p> |
|---|---|

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

| | |
|---|--|
| <p>1. Производственная безопасность</p> <p>1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства). <p>1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты) | <p>1.1 Вредные факторы рабочей зоны:</p> <p>- Повышенный уровень шума вследствие работы вакуумного насоса. Уровень шума в рабочей зоне во время работы насоса составляет около 80 дБ. предельный допустимый уровень звукового давления для данного типа помещения составляет 60 дБ. В качестве индивидуального средства защиты во время работы вакуумного насоса применяются противошумные наушники РОСОМЗ.</p> <p>- Электромагнитное излучение в рабочей зоне: Энергетическая экспозиция в диапазоне частот до 100 кГц. Применяемые средства защиты: экранирование, корпус установки помещен в металлический кожух, высоковольтные кабели помещены в экранирующие лотки, для рассеивания высокочастотных полей генератор окружен металлической решеткой.</p> <p>1.2 Опасные факторы:</p> <p>- Повышенное значение напряжение до 1 кВ, повышенное значение электрического тока до 15 А. Источники: контакты высокочастотного генератора, лабораторный автотрансформатор, а также все токоведущие части установки. Применяемые средства защиты от поражения электрическим током: установка ограждений и барьеров, размещение вне зоны досягаемости, изоляция токоведущих частей, защитные заземления, уравнивание потенциалов, автоматические выключатели, все сотрудники лаборатории имеют группу допуска по электробезопасности не меньше второй.</p> |
|---|--|

| | |
|--|---|
| | <p>- Источники механических опасностей: вращающиеся части вакуумного насоса и насоса высокого давления.</p> <p>Применяемые средства защиты: установка ограждений и барьеров, размещение вне зоны досягаемости</p> <p>- Давление в камере может достигать до 1,5 МПа.</p> <p>Применяемые средства защиты: ограждения автоклава имеет соответствующий запас прочности, исключающий накопление усталостных деформаций в соответствии с ГОСТ Р 52857.6-2007.</p> <p>Пропиточная камера оснащена расширительным баком и предохранительным клапаном.</p> <p>- Источники термических опасностей: повышенная температура обечайки камеры при нагреве.</p> <p>Применяемые средства защиты: защитный кожух на обечайке камеры, в качестве индивидуального средства защиты используются термостойкие перчатки.</p> |
| <p>2. Экологическая безопасность:</p> <ul style="list-style-type: none"> - защита селитебной зоны - анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); - анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); - анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); - разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды. | <p>2.1 Селитебная зона пропиточной камеры находится на территории 11г корпуса ТПУ, лаборатория №10.</p> <p>2.2 Воздействия объекта на атмосферу отсутствует т. к. в атмосферу при разгерметизации камеры выпускается воздух без содержания вредных выбросов.</p> <p>Отсутствуют вредные выбросы от пропитки водными растворами, так как пропитка происходит внутри камеры.</p> <p>2.3 Воздействие установки на литосферу исключено, т.к. отсутствуют выбросы продуктов работы установки в литосферу.</p> <p>2.4 Воздействие установки на гидросферу. Остатки растворов, используемых для пропитки древесины сливаются в контейнеры для жидкости и далее утилизируются в соответствии с составом жидкости.</p> <p>2.5 Материалы для пропитки выбираются согласно ГОСТ Р 52491-2005 Материалы лакокрасочные, применяемые в строительстве.</p> <p>Хранение и утилизация пропиточных растворов производится согласно СанПиН 2.1.7.1322-03 и ГОСТ 9980.5-86 Материалы лакокрасочные.</p> <p>Транспортирование и хранение. Гигиенические требования к размещению и обезвреживанию отходов производства и потребления.</p> |
| <p>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> - перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; - выбор наиболее типичной ЧС; | <p>3.1 Перечень возможных ЧС: возгорание оборудования, нарушение герметичности камеры.</p> <p>В качестве наиболее вероятной ситуации рассматривается пожар.</p> |

| | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий. | <p>3.2 Превентивные меры по предупреждению возгорания: соблюдать требования безопасности при работе в помещении, очищать помещения от горючих отходов и мусора, проводить проверки состояния узлов установки, а также электрической цепи установки, лабораторная установка должна находиться во включенном состоянии только во время проведения опыта. Не использовать в качестве раствора горючие и легковоспламеняющиеся жидкости.</p> <p>3.3 Действия при возникновении ЧС: прекратить все работы в здании, незамедлительно оповестить пожарную охрану по телефону, принять возможные меры по ликвидации последствий ЧС: эвакуация людей, тушение пожара, в случае угрозы жизни людей немедленно организовать их спасение.</p> |
| <p>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <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. | <p>Пропитка изделий должна производиться защитными средствами, разрешенными органами здравоохранения согласно ГОСТ 20022.2-80 Защита древесины. Правовые и организационные вопросы отражены в документах: ГОСТ 20022.6-93 Защита древесины. Способы пропитки.</p> |

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

Задание выдал консультант:

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|--|-----------------------------|------------------------|---------|------|
| Профессор отделения контроля и диагностики | Ахмеджанов Рафик Равильевич | | | |

Задание принял к исполнению студент:

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|---------------------------|---------|------|
| 4ТМ61 | Ахметгаев Жанибек Асылулы | | |

6 Социальная ответственность

Введение

В данной выпускной квалификационной работе производится исследование высокочастотного электрического поля на качество объемной пропитки древесины хвойных пород водными растворами.

Целью моей работы является разработка эффективного метода пропитки древесины хвойных пород модифицирующими жидкими составами.

Данный раздел ВКР посвящен выполнению анализа и разработке мер по обеспечению благоприятных условий труда в рабочей зоне. Рабочей зоной является лаборатория №10 11г корпуса ТПУ.

Произведен анализ вредных факторов в лаборатории, где производится пропитка древесины водными растворами, таких как: отклонение показателей микроклимата в помещении, повышения уровня шума, превышение электромагнитных излучений.

6.1 Производственная безопасность

6.1.1 Анализ опасных и вредных факторов

В процессе жизнедеятельности человек подвергается воздействию опасностей и в своей трудовой деятельности. Эта деятельность осуществляется в пространстве, называемом производственной средой. В условиях производства на человека в основном действуют техногенные, т.е. связанные с техникой, опасности, которые принято называть опасными и вредными производственными факторами.

Опасным производственным фактором (ОПФ) называется такой производственный фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях приводит к травме или к другому внезапному резкому ухудшению здоровья. Травма – это повреждение тканей организма и нарушение его функций внешним воздействием. Травма является результатом несчастного случая на производстве, под которым понимают случай воздействия опасного производственного фактора на работающего при выполнении им трудовых обязанностей или заданий руководителя работ.

Вредным производственным фактором (ВПФ) называется такой производственный фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях приводит к заболеванию или снижению трудоспособности.

Таблица 24 - Вредные и опасные факторы

| Источник фактора, наименование видов работ | Факторы (по ГОСТ 12.0.003-74) | | Нормативные документы |
|---|---|----------------------|---|
| | Вредные | Опасные | |
| Работа в лаборатории (работа на установке пропитке древесины) | 1. Недостаточная освещенность помещения 2. Повышенный уровень шума на рабочем месте 3. Наличие электромагнитных полей | 1. Электрический ток | СанПиН 2.2.4.548-96.[44]; ГОСТ 12.1.003-83.[45]; ГОСТ 12.1.019.[46]; ГОСТ 12.1.038 – 82.[47] |

Микроклимат производственных помещений определяется совокупным воздействием на организм человека температуры, влажности, скорости движения воздуха, теплового излучения нагретых поверхностей. Микроклимат различных производственных помещений зависит от колебаний внешних метеорологических условий, времени дня, года, особенностей производственного процесса и систем отопления и вентиляции. [44].

Согласно [44] работа в лаборатории относится к категории работ Ib с интенсивностью энергозатрат 121 - 150 ккал/час. Основной период работы в лаборатории сопровождается работой за компьютером с периодическими нагрузками в виде загрузки/разгрузки пропиточной камеры образцами пород. При этом образцы древесины имеют массу меньше 1 кг. Периодичность нагрузки составляет от часа до четырех часов в зависимости от режима исследования.

Таблица 25 – Параметры микроклимата для производственных помещений

| Период года | Параметр микроклимата | Величина |
|--------------------|---------------------------------|-----------------|
| Холодный | Температура воздуха в помещении | 22 – 24 °С |
| | Относительная влажность | 40 – 60 % |
| | Скорость движения воздуха | до 0,1 м/с |
| Теплый | Температура воздуха в помещении | 23 – 25°С |
| | Относительная влажность | 40 – 60 % |
| | Скорость движения воздуха | 0,1 – 0,2 м/с |

Для обеспечения достаточного постоянного и равномерного нагревания воздуха в рабочем кабинете в холодный период года используется отопление. Температуру в помещении следует регулировать с учетом тепловых потоков от оборудования.

Другим вредным фактором, оказывающим пагубное воздействие на здоровье человека, является шум. Уровень шума в рабочей зоне составляет 80дБ.

Согласно СН 2.2.4/2.1.8.562–96 предельно допустимые уровни (ПДУ) звукового давления, уровни звука и эквивалентные уровни звука для измерительных и аналитических работ в кабинете представлены в таблице 26[62,48].

Таблица 26 – Предельно допустимые уровни звукового давления, уровни звука и эквивалентные уровни звука для основных наиболее типичных видов трудовой деятельности и рабочих мест

| № п/п | Вид трудовой деятельности, рабочее место | Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц | | | | | | | | | Уровни звука и эквивалентные уровни звука (в дБА) |
|-------|---|--|----|-----|-----|-----|------|------|------|------|---|
| | | 31,5 | 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 | |
| 1 | Высококвалифицированная работа, требующая сосредоточенности, административно-управленческая деятельность, измерительные и аналитические работы в лаборатории; рабочие места в помещениях цехового управленческого аппарата, в рабочих комнатах конторских помещений, в лабораториях | 93 | 79 | 70 | 68 | 58 | 55 | 52 | 52 | 49 | 60 |

Влияние шума на слуховой анализатор проявляется в ауральных эффектах, которые, главным образом, заключаются в медленно прогрессирующем понижении слуха по типу неврита слухового нерва (кохлеарный неврит). Подвергающиеся шумовому воздействию люди, чаще всего жалуются на головные боли, которые могут иметь разную интенсивность и локализацию, головокружение при перемене положения тела, снижение памяти, повышенную утомляемость, сонливость, нарушения сна, эмоциональную неустойчивость, снижение аппетита, потливость, боли в области сердца. Влияние шума сказывается на функциях эндокринной и иммунной систем организма, в частности это может проявляться в виде трех

главных биологических эффектов: снижение иммунитета к инфекционным болезням; снижение иммунитета, направленного против развития опухолевых процессов; появление благоприятных условий для возникновения и развития аллергических и аутоиммунных процессов.

Источником шума при работе в кабинете является вакуумный насос, необходимый для объемной пропитки древесины. Причем длительность работы насоса составляет не больше 1 минуты. При обеспечении нормальных условий микроклимата уровень шума в кабинете без включенного насоса не будет превышать нормы.

В качестве средств индивидуальной защиты применяются противозумные наушники РОСОМЗ. (Рисунок 23). Наушники предназначены для защиты органа слуха от шума с уровнем не более 115 дБ (SNR = 27 дБ). Группа А.



Рисунок 23 - наушники РОСОМЗ.

Так как в лаборатории находится генератор высокочастотного поля, естественным условием является рассмотрение электромагнитного излучения.

Ранними клиническими проявлениями последствия воздействия электромагнитного излучения на организм человека являются функциональные нарушения со стороны нервной системы, проявляющиеся в виде вегетативных дисфункций нерва стенического и астенического синдрома. Лица, продолжительное время находившиеся в зоне электромагнитного излучения, имеют жалобы на слабость, раздражительность, быструю утомляемость, ослабление памяти, расстройства сна. Зачастую этим симптомам сопутствуют расстройства вегетативных функций. Нарушения со стороны сердечно-сосудистой системы проявляются, в большинстве случаев, нейроциркуляторной дистонией: лабильность пульса и артериального давления, склонность к гипотонии, боли в области сердца. Отмечаются также фазовые изменения состава периферической крови с последующим развитием умеренной лейкопении, нейтропении, эритроцитопении. Изменения костного мозга носят характер реактивного компенсаторного напряжения регенерации. Обычно эти изменения возникают у лиц по роду своей работы постоянно находившихся под действием электромагнитного излучения с достаточно большой интенсивностью. Работающие с магнитными и электромагнитными полями, а также население, живущее в зоне действия ЭМП жалуются на раздражительность. Через 1-3 года у некоторых появляется чувство 104 внутренней напряженности, суетливость. Нарушаются внимание и память. Возникают жалобы на малую эффективность сна и утомляемость [63].

Установка находится в металлическом корпусе, являющимся защитным экраном от электромагнитного излучения. Максимальное выдаваемое напряжение генератора достигает 1000 В, частота 100 кГц. Так как мощность генератора незначительна, то нет необходимости в

использовании дополнительных средств коллективной и индивидуальной защиты.

Источником электромагнитных излучений в лаборатории также является дисплей ПЭВМ. Монитор компьютера генерирует рентгеновское, ультрафиолетовое и инфракрасное излучения, а также широкий диапазон электромагнитных волн других частот. Согласно [49] напряженность электромагнитного поля по электрической составляющей на расстоянии 50см вокруг видеодисплейного терминала (ВДТ) не должна превышать 25В/м в диапазоне от 5Гц до 2кГц; 2,5В/м в диапазоне от 2 до 400 кГц. Плотность магнитного потока не должна превышать в диапазоне от 5 Гц до 2 кГц 250нТл, и 25нТл в диапазоне от 2 до 400кГц. Поверхностный электростатический потенциал не должен превышать 500В [48].

Согласно [49] конструкция ВДТ и ПЭВМ должна обеспечивать мощность экспозиционной дозы рентгеновского излучения в любой точке на расстоянии 0,05 м от корпуса не более 0,1 мбэр/ч(100мкР/ч). Предел дозы облучения для работников ВЦ (операторы, программисты) составляет 0,5 бэр/год.

В кабинете лаборатории в настоящий момент применяются лампы с недостаточным световым потоком ($F = 2500$ лм).

В кабинете, где происходит периодическое наблюдение за ходом производственного процесса при постоянном нахождении людей в помещении должны быть соблюдены нормы освещенности и качественные показатели освещения в соответствии с требованиями СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 [50]. Помещение должны иметь естественное и искусственное освещение. Естественное освещение должно осуществляться через боковые светопроемы. Искусственное освещение должно осуществляться системой общего равномерного освещения.

Освещенность рабочей поверхности должна составлять 300-500 лк [50]. Коэффициент пульсации освещенности не более 15 %. Коэффициент естественной освещенности КЕО в кабинетах и рабочих комнатах должен быть не ниже 1%. –при боковом освещении и 3% – при верхнем или комбинированном освещении. Коэффициент совмещенной освещенности КЕО в кабинетах и рабочих комнатах должен быть не ниже 0,6%. –при боковом освещении и 1,8% – при верхнем или комбинированном освещении

Произведем расчет искусственного освещения для рабочего кабинета, в котором производится контроль состояния автономного комплекса электро-снабжения. Кабинет имеет следующие размеры:

- ширина – 5 м;
- длина – 6 м;
- высота – 3 м;
- площадь – 30 м².

Порядок расчёта:

- 1 Выбор типа светильников;
- 2 Определение количества светильников;
- 3 Определение мощности источников света.

В помещении предусмотрено общее равномерное освещение, для которого применяются люминесцентные лампы типа ЛХБ (лампы холодно-белого цвета), для которых используется светильник типа ШОД-2-40 (длиной 1228 мм, шириной 284 мм). Размещение светильников в помещении определяется следующими размерами [51]:

$H = 3$ м – высота помещения;

$h_c = 0,2$ м – расстояние светильников от перекрытия (свес);

h_n – высота светильника над полом, высота подвеса;

h_p – высота рабочей поверхности над полом;

h – расчётная высота, высота светильника над рабочей поверхностью

$$(h = h_n - h_p);$$

L – расстояние между соседними светильниками или рядами;

l – расстояние от крайних светильников или рядов до стены

(оптимальное расстояние / рекомендуется принимать равным $L/3$);

λ – интегральный критерий оптимальности расположения светильников.

Высота подвеса составляет:

$$h_n = H - h_c = 3 - 0,2 = 2,8 \text{ м.} \quad (11)$$

Учитывая, что $h_p = 1$ м, найдём $h = h_n - h_p = 2,8 - 1 = 1,8$ м.

Для светильников типа ШОД $\lambda = 1,1$, поэтому

$$L = \lambda \cdot h = 1,1 \cdot 1,8 = 1,98 \text{ м;} \quad (12)$$

$$l_a = \frac{L}{3} = \frac{1,98}{3} = 0,66 \text{ м;} \quad (13)$$

$$l_b = \frac{4 - 2 \cdot 0,284 - 1,98}{2} = 0,726 \text{ м.}$$

На основе данных расчетов рекомендуется разместить светильники в 2 ряда, в каждом из которых можно установить 2 светильника типа ШОД-2 мощностью 40 Вт. При этом интервал между светильниками в ряду составят примерно 1,224 м. Учитывая, что в каждом светильнике установлено по две лампы, общее число ламп в помещении составит $(2 * 2) * 2 = 8$.

Расчет общего равномерного освещения выполняется методом коэффициента светового потока, учитывающим световой поток, отраженный от потолка и стен. Световой поток группы люминесцентных ламп светильника определяется по формуле:

$$F = \frac{E_n \cdot S \cdot K_3 \cdot Z}{n \cdot \eta}, \quad (14)$$

где E_n – нормируемая минимальная освещенность (для данной категории помещений $E_n=300$ лк) [51];

S – площадь освещаемого помещения (30 м²);

K_3 – коэффициент запаса, учитывающий загрязнение светильника, запыленность ($K_3 = 1,5$ - для помещений с малым выделением пыли);

Z – коэффициент неравномерности освещения (для люминесцентных ламп берется равным 1,1);

n – число ламп (8);

η – коэффициент использования светового потока – показывает, какая часть светового потока ламп попадает на рабочую поверхность. Он зависит от индекса помещения i , типа светильника, высоты светильников над рабочей поверхностью h и коэффициентов отражения стен p_c и потолка p_n .

Расчет индекса помещения осуществляется по формуле:

$$i = \frac{S}{h \cdot (a + b)}, \quad (15)$$

где S – площадь помещения (30 м²);

h – высота подвеса светильников над рабочей поверхностью (1,8 м);

a, b – длина и ширина помещения ($a = 6$ м; $b = 5$ м).

$$\text{В результате } i = \frac{30}{1,8 \cdot (6+5)} = 1,51$$

Коэффициенты отражения p_c и p_n имеют следующие значения [51]:

- $p_c = 50\%$ (стены свежепобеленные с окнами без штор);

- $p_n = 70\%$ (потолок свежепобеленный).

Для полученных значений p_c , p_n и i коэффициент использования светового потока $\eta = 42,72\%$, или $\eta = 0,427$. Подставляя полученные значения в формулу, найдем значение минимально требуемого светового потока для рабочей аудитории:

$$F = \frac{300 \cdot 20 \cdot 1.5 \cdot 1.1}{8 \cdot 0.427} = 2898 \text{ лм}$$

Рассчитав световой поток F , зная тип лампы, выберем ближайшую стандартную лампу и определим электрическую мощность всей осветительной системы. Ближайшая стандартная лампа – ЛХБ40 Вт с потоком 3100 лм [51]. Напряжение сети 220 В. По результатам данного расчета можно сделать следующий вывод: согласно [50] в рабочей аудитории (размерами 6 x 5 x 3 м) со свежепобеленными потолком и стенами, с окнами без штор следует использовать 4 светильника типа ШОД-2-40 с люминесцентными лампами ЛХБ мощностью 40 Вт с потоком 3100 лм.

Так как, основная часть работы связана с объемной пропиткой древесины, ниже приведены ГОСТы и нормативы при производстве пропиточных и покрасочных работ.

Согласно ГОСТ 20022.2-80 Защита древесины сосна, порода с которой проводятся исследования в лаборатории, относится к стойкой к гниению и умеренно пропитываемой.

В качестве пропитывающих составов используется водорастворимые защитные вещества.

Используется Покрытие ОФП-9 по ГОСТ 23790-79, которое окрашивает древесину в серый или коричневый цвет в зависимости от цвета пигмента, без запаха. Обработанная древесина склеивается и окрашивается.

При этом пропитка происходит внутри объема пропиточной камеры, которая в свою очередь герметично закрывается, что исключает попадание каких либо испарений в атмосферу.

6.1.2 Анализ опасных производственных факторов, возможных при проведении исследований.

Электрический ток, проходя через живой организм, оказывает термическое, электролитическое, биологическое действия. Термическое действие проявляется в ожогах, нагреве и повреждении кровеносных сосудов, перегреве сердца, мозга и других органов, что вызывает в них функциональные расстройства. Электролитическое действие проявляется в разложении органической жидкости, в том числе крови, что вызывает значительное нарушение ее состава, а также ткани в целом. Биологическое действие выражается в нарушении внутренних биоэлектрических процессов. Например, взаимодействуя с биотоками организма, внешний ток может нарушить нормальный характер их воздействия на ткани и вызвать непроизвольное сокращение мышц. Поэтому необходимо соблюдение мер электробезопасности [52,53].

Электроустановки классифицируют по напряжению: с номинальным напряжением до 1000 В (помещения без повышенной опасности), до 1000 В с присутствием агрессивной среды (помещения с повышенной опасностью) и свыше 1000 В (помещения особо опасные).

Лаборатория относится ко второй группе помещений в отношении опасности поражения людей электрическим током [54] – помещения с повышенной опасностью, так как установка для пропитки древесины работает одновременно с высокочастотным генератором до 1000 В, так и в тоже время камера находится под высоким давлением в 11 атмосфер.

При работе с установкой производится только операторская работа. Высоковольтная часть установки находится в закрытом корпусе, который заземлен, и находится вне зоны досягаемости оператора. Для обеспечения безопасности и полного исключения возможности поражения электрическим

током, установка находится в изолированном боксе и также имеет заземление. Допуск к работе на данной установке имеют сотрудники прошедшие специальную подготовку и имеющие III категорию по электробезопасности для работ одному и II категорию для работ под присмотром сотрудника с III и выше категорией.

Для защиты от поражения электрическим током в нормальном режиме должны быть применены по отдельности или в сочетании следующие меры защиты от прямого прикосновения:

- основная изоляция токоведущих частей;
- получение персоналом соответствующей группы электробезопасности;
- ограждения и оболочки;
- установка барьеров;
- размещение вне зоны досягаемости;

Для защиты от поражения электрическим током в случае повреждения изоляции должны быть применены по отдельности или в сочетании следующие меры защиты при косвенном прикосновении:

- защитное заземление;
- автоматическое отключение питания;
- уравнивание потенциалов;
- изоляция токоведущих частей;
- защитное электрическое разделение цепей;
- изолирующие (непроводящие) помещения, зоны, площадки.

Применение двух и более мер защиты не должно оказывать взаимного влияния, снижающего эффективность каждой из них.

Защиту при косвенном прикосновении следует выполнять во всех случаях, если напряжение в электроустановке превышает 50 В переменного и 120 В постоянного тока.

Заземляющее устройство [59], используемое для заземления электроустановок должно удовлетворять всем требованиям, предъявляемым к заземлению этих электроустановок: защиты людей от поражения электрическим током при повреждении изоляции, условиям режимов работы сетей, защиты электрооборудования от перенапряжения и т.д. в течение всего периода эксплуатации.

В первую очередь должны быть соблюдены требования, предъявляемые к защитному заземлению. Требуемые значения напряжений прикосновения и сопротивления заземляющих устройств при стекании с них токов замыкания на землю и токов утечки должны быть обеспечены при наиболее неблагоприятных условиях в любое время года. Заземляющие устройства должны быть механически прочными, термически и динамически стойкими к токам замыкания на землю.

Для отключения электросетей на вводах имеются рубильники. Отключение всей сети, за исключением дежурного освещения, производится общим рубильником. В целях предотвращения электротравматизма запрещается: работать на неисправных электрических приборах и установках; перегружать электросеть; переносить и оставлять без надзора включенные электроприборы; работать вблизи открытых частей электроустановок, прикасаться к ним; загромождать подходы к электрическим устройствам.

При поражении электрическим током необходимо как можно быстрее освободить пострадавшего от действия электрического тока, отключив электроприбор, которого касается пострадавший. Отключение производится с помощью рубильника. При невозможности быстрого отключения электроприбора необходимо освободить пострадавшего от токоведущих частей деревянным или другим не проводящим ток предметом источник поражения. Во всех случаях поражения электрическим током необходимо

вызвать врача. Все сотрудники лаборатории каждые полгода проходят экзамен по электробезопасности и имеют категорию не ниже второй.

6.2 Экологическая безопасность

Охрана окружающей среды – это комплексная проблема и наиболее активная форма её решения – это сокращение вредных выбросов промышленных предприятий через полный переход к безотходным или малоотходным технологиям производства.

Селитебная зона установки находится на территории 11г корпуса ТПУ.

В данной работе пропитка осуществляется с помощью водорастворимой краски, что позволит наглядно оценить качество пропитки древесины, так как в основной массе все антисептики бесцветные. Краска хранится в пластиковых контейнерах. Сама пропитка осуществляется внутри камеры, что минимизирует вредные выбросы в атмосферу. Индивидуальные меры защиты: костюм хлопчатобумажный, резиновые перчатки, противоаэрозольный респиратор.

Пропитка древесины является не очень энергозатратной, что также положительно сказывается на его экологической значимости. Работа установки сопровождается минимальным выделением тепла. В результате долгой работы подключенного ВЧ генератора часть энергии может выделиться в виде нагрева камеры, но температура повышается незначительно и не оказывает влияния на температуру окружающей среды.

Работа установки не влечет за собой какое-либо негативное воздействие на окружающую среду, за исключением отходов в виде отработанной краски. Отработанная жидкость хранится в специальных контейнерах и в дальнейшем сдается на утилизацию. В зависимости от состава раствора, краска может сжигаться, а при наличии едких веществ раствор

проходит цикл утилизации. Процесс утилизации лакокрасочных материалов выполняется в следующих стадиях:

- определение типа и полного состава полученных для утилизации материалов;
- понижение кислотности до безопасных параметров;
- нейтрализация жидких компонентов с помощью разных абсорбентов;
- измельчение материалов вместе с тарой до необходимой фракции;
- применение полученного материала в изготовлении цемента.

5.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Под производственной аварией понимают внезапную остановку работы или нарушение процесса производства, приводящую к повреждению или уничтожению материальных ценностей. Аварии могут возникать в результате стихийного бедствия, а также нарушения технологического регламента, правил эксплуатации машин, оборудования и установленных мер безопасности. Оперативная часть плана ликвидации возможных аварий предусматривает способы оповещения об аварии, выхода людей из опасных зон, включение систем пожаротушения. План ликвидации аварий изучает весь персонал, а также работники спасательной станции и пожарной части.

Помещение лаборатории относится к пожароопасной (категория В), так как в ней происходят работы с красителями и древесиной, которые являются горючими материалами. [60]).

Системы противопожарной защиты здания должны обеспечивать возможность эвакуации людей в безопасную зону до наступления предельно допустимых значений опасных факторов пожара.

Все помещения лаборатории должны соответствовать требованиям пожарной безопасности по ГОСТ 12.1.004-91 и иметь средства пожаротушения по ГОСТ 12.4.009-83.

Оповещение людей о пожаре, управление эвакуацией людей и обеспечение их безопасной эвакуации при пожаре в здании должны осуществляться одним из следующих способов или комбинацией следующих способов [60]:

- 1 подача световых, звуковых и (или) речевых сигналов во все помещения с постоянным или временным пребыванием людей;
- 2 трансляция специально разработанных текстов о необходимости эвакуации, путях эвакуации, направлении движения и других действиях, обеспечивающих безопасность людей и предотвращение паники при пожаре;
- 3 размещение и обеспечение освещения знаков пожарной безопасности на путях эвакуации в течение нормативного времени;
- 4 включение эвакуационного (аварийного) освещения;
- 5 дистанционное открывание запоров дверей эвакуационных выходов;
- 6 обеспечение связью пожарного поста (диспетчерской) с зонами оповещения людей о пожаре;

Пожарные оповещатели, устанавливаемые на объекте, должны обеспечивать однозначное информирование людей о пожаре в течение времени эвакуации, а также выдачу дополнительной информации, отсутствие которой может привести к снижению уровня безопасности людей.

Обучение лиц мерам пожарной безопасности осуществляется путем проведения повторного инструктажа один раз в год.

Помещение, в котором расположена лаборатория, оснащено пожарными кранами с пожарными рукавами. На видном месте висит план эвакуации из

лаборатории. В помещении самой лаборатории имеются средства первичного пожаротушения, такие как песок, огнетушитель, асбестовые покрывала и т.д.

Распоряжением по лаборатории из числа сотрудников назначен человек, который организует все противопожарные мероприятия, получив инструктаж местной пожарной команды. Все сотрудники лаборатории обучены правилам обращения с огне- и взрывоопасными веществами, газовыми приборами, а также умеют обращаться с противогазом, огнетушителем и другими средствами пожаротушения, имеющимися в лаборатории.

Причинами возгорания в кабинете могут служить:

- несоблюдение техники безопасности;
- короткое замыкание (в случае неисправности блокировок, средств автоматического отключения питания);

Поэтому во избежание пожароопасных ситуаций необходимо соблюдать следующие требования [55,57,58,59]:

- соблюдать требования безопасности при работе в помещении;
- очищать помещения от горючих отходов и мусора;
- определить места и допустимое количество единовременного хранения сырья;
- оборудовать специально отведённые места для курения;
- запрещается загромождать эвакуационные пути и выходы различными материалами и изделиями, оборудованием, мусором и т.п.
- пожарные гидранты должны находиться в исправном состоянии, а в зимнее время должны быть утеплены и очищаться от снега и льда;
 - все средства пожаротушения должны иметь соответствующие сертификаты.
- дороги, проезды и подъезды к зданию должны быть всегда свободными для проезда пожарной техники, содержаться в исправном состоянии, а зимой быть очищенными от снега и льда;

- не реже одного раза в полугодие проводить практические тренировки всех задействованных для эвакуации работников.

Порядок действий при обнаружении пожара или признаков горения и меры по локализации и ликвидации последствий ЧС:

- прекратить все работы в здании;
- незамедлительно оповестить пожарную охрану по телефону, назвав адрес объекта, место возникновения пожара и свою фамилию;
- принять возможные меры по эвакуации людей, тушению пожара и сохранности материальных ценностей;
- в случае угрозы жизни людей немедленно организовать их спасение, используя для этого имеющиеся силы и средства;
- проверить включение автоматических систем противопожарной защиты (оповещения людей о пожаре, пожаротушения, противодымной защиты);
- при необходимости отключить электроэнергию (за исключением систем противопожарной защиты), выполнить другие мероприятия, способствующие предотвращению развития пожара;
- удалить за пределы опасной зоны всех работников, не участвующих в тушении пожара;
- осуществить общее руководство по тушению пожара до прибытия подразделения пожарной охраны;
- обеспечить соблюдение требований безопасности работниками, принимающими участие в тушении пожара;
- одновременно с тушением пожара организовать эвакуацию и защиту материальных ценностей;
- организовать встречу подразделений пожарной охраны и оказать помощь в выборе кратчайшего пути для подъезда к очагу пожара;

- сообщать подразделениям пожарной охраны, привлекаемым для тушения пожара и проведения связанных с ними первоочередных аварийно-спасательных работ, сведения о перерабатываемых или хранящихся на объекте опасных, взрывчатых, сильнодействующих ядовитых веществах.

5.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Согласно [48] при размещении рабочих мест с ПЭВМ расстояние между рабочими столами с видеомониторами (в направлении тыла поверхности одного видеомонитора и экрана другого видеомонитора) должно быть не менее 2,0 м, а расстояние между боковыми поверхностями видеомониторов – не менее 1,2 м.

Рабочие места с ПЭВМ в помещениях с источниками вредных производственных факторов должны размещаться в изолированных кабинах с организованным воздухообменом.

Рабочие места с ПЭВМ при выполнении творческой работы, требующей значительного умственного напряжения или высокой концентрации внимания, рекомендуется изолировать друг от друга перегородками высотой 1,5 - 2,0 м.

Экран видеомонитора должен находиться от глаз пользователя на расстоянии 600 - 700 мм, но не ближе 500 мм с учетом размеров алфавитно-цифровых знаков и символов.

Конструкция рабочего стола должна обеспечивать оптимальное размещение на рабочей поверхности используемого оборудования с учетом его количества и конструктивных особенностей, характера выполняемой работы. При этом допускается использование рабочих столов различных конструкций, отвечающих современным требованиям эргономики. Поверхность рабочего стола должна иметь коэффициент отражения 0,5 - 0,7.

Конструкция рабочего стула (кресла) должна обеспечивать поддержание рациональной рабочей позы при работе на ПЭВМ, позволять изменять позу с целью снижения статического напряжения мышц шейно-плечевой области и спины для предупреждения развития утомления. Тип рабочего стула (кресла) следует выбирать с учетом роста пользователя, характера и продолжительности работы с ПЭВМ.

Рабочий стул (кресло) должен быть подъемно-поворотным, регулируемым по высоте и углам наклона сиденья и спинки, а также расстоянию спинки от переднего края сиденья, при этом регулировка каждого параметра должна быть независимой, легко осуществляемой и иметь надежную фиксацию.

Поверхность сиденья, спинки и других элементов стула (кресла) должна быть полумягкой, с нескользящим, слабо электризующимся и воздухопроницаемым покрытием, обеспечивающим легкую очистку от загрязнений.

Заключение

Основным фактором, влияющим на производительность людей, работающих в закрытом помещении, являются комфортные и безопасные условия труда. Условия труда сотрудников в рабочей комнате характеризуются возможностью воздействия на них следующих производственных факторов: шума, тепловыделений, действие микроклимата, недостаточной освещённости, параметров технологического оборудования и рабочего места.

Таким образом, в данном разделе были проанализированы вредные и опасные факторы, влияющие на здоровье человека в закрытом помещении. Были отмечены источники негативного воздействия, приведены допустимые нормы с необходимой размерностью, а также средства коллективной и индивидуальной защиты.

Conclusion

The results of the study showed that in a process of impregnating coniferous wood for 15 minutes, the high-frequency field does not affect the quality of complete impregnation. With a time interval of 15 minutes, the high-frequency field has an insignificant effect on the volume impregnation quality, and starting from a duration of impregnation of 60 minutes the further increase in the impregnation time under the influence of the high-frequency field has not shown further improvement in the quality of the impregnation of the wood.

The quality of complete impregnation of wood was influenced by impregnation with an industrial frequency current generator with a current strength of 15 A. In addition, in the impregnation interval from 15 minutes to 2 hours, the difference between high-frequency impregnation and impregnation using an industrial frequency current generator is insignificant. There is a sharp increase in impregnation quality starting from the impregnation time of 2 hours.

A possible reason for this result is the combined effect of high temperature and pressure and industrial frequency currents.

It is known that a high temperature leads to a violation of the mechanical and physical properties of wood. To further study the combined method of impregnation, it is necessary to study the extent to which the properties of wood change.

Bibliography

- 1 Petr Paril. Wood impregnation. / Mendel University in Brno. Department of Wood Science // Brno. – 2016. – P. 131
- 2 Richardson, B.A. Wood preservation. – L.; Taylor & Francis. – 1993. – P. 226
- 3 Walker, J. C. F. Primary wood processing: principles and practice. 2nd ed. – Dordrecht, The Netherlands: Springer. – 2006. – P. 594
- 4 Zhang, Y. Effects of steam explosion on wood appearance and structure of sub-alpine fir / Zhang Y., Cai L // Wood Science and Technology, 2006 – №40 – P. 427-436
- 5 Islam, M. N. Comparative study between full cell and passive impregnation method of wood preservation for laser incised Douglas fir lumber / Ando, K., Yamauchi, H., Kobayashi, Y. & Hattori // Wood Science and Technology. – №42 – 2008. –P. 343-350
- 6 Rowell R. M. Handbook of Wood Chemistry and Wood Composites, Second Edition. CRC Press. Taylor & Francis Group, –2013. – P. 703
- 7 Bazhenov V.A. Permeability of wood and its practical importance. – M.: Academy of Sciences of the USSR, 1952. – P. 82
- 8 George T. Tsoumis. Science and technology of wood: structure, properties, utilization. – Van Nostrand Reinhold,1991 – P. 494
- 9 Zabel R. A. Wood microbiology: decay and its prevention / Zabel, R. A, Morrell, J. J. // San Diego: Academic Press. -1992. – P. 476
- 10 Richardson, B.A. Wood preservation. – L.:E & FN SPON, 1994. – P. 248
- 11 Hill C. A. S. Wood modification: chemical, thermal and other processes. – Hoboken: John Wiley & Sons. – 2006. – P. 260

- 12 Ek M., Wood Chemistry and Biotechnology / Ek M., Göran Gellerstedt, Gunnar Henriksson // Walter de Gruyter – 2009. – P. 308
- 13 Creelman, R. A. Oligosaccharins, Brassinolides, and Jasmonates: Nontraditional Regulators of Plant Growth, Development, and Gene Expression / Creelman, R. A., Mullet, J.E. // The Plant Cell, – Vol. 9. – 1997. – P. 1211-1223
- 14 Fengel, D., Wood. Chemistry, Ultrastructure, Reactions / Fengel, D., Wegener // – N-Y.:Walter de Gruyter. – 1989. – P. 626
- 15 Brown W. B. Introduction to organic chemistry. 3rd ed. / Brown W. B., Poon, T. // – John Wiley & Sons, Inc. – 2005. – P.696
- 16 Bootle, K. Wood in Australia, Types Properties and Uses. – McGraw-Hill Book Company – 2005. – P.443
- 17 A new classification and linear sequence of extant gymnosperms / Christenhusz, M., Reveal, J., Farjon, A., Gardner, M. F., Mill, R. R. & Chase, M. W. // Phytotaxa – №19 – 2011. – P. 55-70
- 18 Maclean, J. D. Preservative treatment of wood by pressure methods. – Washington: U. S. Govt. Print. Off.j. – 1953. – P. 160
- 19 Dinwoodie J. M. Timber: Its Nature and Behaviour, Second Edition. – CRC Press – 2002. – P. 272
- 20 Panshin, A. J. Textbook of wood technology. 4th ed. / Panshin, A. J., Zeeuw, C. D. E. // N-Y.: McGraw-Hill – 1980. – P.649
- 21 Usta, I. A Review of the Factors Affecting Permeability in Softwoods / The internation research group on wood preservation 35th annual meeting. // Ljubljana, Slovenia, - 2004
- 22 Hambley, A. Electrical engineering: principles and applications, New Jersey, USA, Prentice-Hall. – 1997. – P. 896
- 23 Siau, J. Wood: Influence of moisture on physical properties, Virginia polytechnic institute and state university. – 1995 – P.227
- 24 Likov. A. V. Theory of drying. –M: Energia, 1968. – P. 472

- 25 Beynart I. I. Cell wall of wood and its changes under chemical influence. / I.I. Beynart, H.A. Vedernikov, B.C., Gromov i dr // Riga: Zinatne, 1972, – P. 510
- 26 Vinden, P. Microwave modification of Radiata pine railway sleepers for preservative treatment. / Vinden, P., Torgovnikov, G. & Hann , J. // European Journal of Wood and Wood Products. – №69. – 2010. – P. 271-279
- 27 Vinden, P. The Manufacture of Solid Wood Composites from Microwave Modified Wood. / Vinden, P., Torgovnikov, G., Przewloka, S., Hann, J. & Shaginov, A. // International Panel Products Symposium. Cardiff, Wales, UK. – 2007. – P. 10
- 28 Harris, G. A. Microwave pretreatment of backsawn messmate boards to improve drying quality: Part 1. / Harris, G. A., Torgovnikov, G., Vinden, P., Brodie, G. I. & Shaginov, A. // Drying Technology. – Vol. 26. – 2008. – P. 579-584
- 29 Vinden, P. The physical manipulation of wood properties using microwaves. / Vinden, P., Torgovnikov, G. // IUFRO Conference. Tasmania, Australia. – 2000. – P.303-311
- 30 Aitken L. Factors affecting microwave modified wood permeability and strength. Melbourne school of land and environment. – 2014. – P.243
- 31 Wagenführ, R. Holzatlas (Atlas of Wood), 5th Edition, Fachbuchverlag Leipzig im Carl Hanser Verlag, Munich, Germany. - 2000. – P. 707
- 32 Wagenführ, R. Wood anatomy (Anatomie des Holzes). VEB Fachbuchverlag, Leipzig. – 1966. – P. 377
- 33 Torgovnikov, G. Dielectric Properties of Wood and Wood-based Materials, Springer-Verlag. – 1993. – P.168
- 34 Scheffer, T. C., Natural durability of wood: A worldwide checklist of species. / Scheffer, T. C., Morrell, J. J. // Research Contribution 22. – 1998 – P. 58
- 35 Kollmann, F.P. Principles of Wood Science Technology, Springer-Verlag / F.P. Kollmann, W.A. Cote. // Berlin, Germany, –1968. – Vol. 1. – P. 592

36 Kumar, N., A review on the applications of high power, high frequency / Kumar, N., Singh, U., Singh, T. P. & Sinha, A. K. // Journal of Fusion Energy №30 – 2011 – PP. 257-276

37 Oloyede, A. The influence of microwave heating on the mechanical property. / Oloyede, A., Groombridge, P. // Journal of Materials Processing Technology 100(1) – 2000. – P. 67-73

38 Comstock, G. Factors affecting permeability and pit aspiration in coniferous sapwood. / Comstock, G., Cote, W. // Wood Science and Technology. - №2. - 1968. – P. 279-291

39 Pozar, D. M. Microwave Engineering, John Wiley & Sons. – 2012. – P. 736

40 Kubler, H. Studies on the movement of moisture through wood / H. Kubler Holz Roh // –Werkst, 1957. -Vol. 15. - N 11. -P. 453-468

41 Tesoro F.O. Transverse air permeability of wood, as indicator of treatability with creosote. / Tesoro F.O., Choong E T., Christen S // Forest Prod. J.- 1966 - №3 - p. 76-82

42 Financial Management, Resource Efficiency and Resource Saving: teaching aid / N.A. Gavrikova, L.R. Tukhvatulina, I.G. Vidyaev, G.N. Serikova, N.V. Shapovalova; Tomsk polytechnic university. – Tomsk: Publishing house of Tomsk Polytechnic University, 2014. – PP. 73

43 Regulatory documents of the planning and financial department of TPU - [electronic source] – access mode: <http://portal.tpu.ru/departments/otdel/peo/documents> – (Date of issue 26.03.2018)

44 Sanitary rules and regulations SanPiN 2.2.4.548-96. “Hygienic requirements for the microclimate of industrial premises»

45 GOST 12.1.003-83. SSBT. Noise. General safety requirements. – M.: Standartinform, 2003. – PP.10

46 Hygienic requirements for electronic computers and work organization. Sanitary rules and regulations 2.2.2 2.4.1340 – 03. – M., 2003. – PP. 13

47 SanPiN 2.2.1/2.1.1.1278-03 – Hygienic requirements for natural, artificial and combined lighting of residential and public buildings

48 Calculation of artificial lighting. Methodical instructions for the fulfillment of individual assignments for full-time and correspondence students of all specialties. - Tomsk: TPU publishment, 2004. – PP. 15

49 GOST 12.1 SSBT. Electrical safety. General requirements and nomenclature of types of protection. – M.: Standartinform, 2001. – PP.5

50 GOST 12.1.038 – 82 SSBT. Electrical safety. Maximum allowable contact and current voltage levels. – M.: Standartinform, 2006. – PP.6

51 Rules for the installation of electrical installations. – M.: KnoRus, 2017. – PP. 488 – All the operating sections of the sixth and seventh editions, as amended and supplemented as of February 1, 2017

52 SNiP 21–01–97. Fire safety of buildings and structures. M.: Gosstroy, 1997. – PP.12

53 Federal Law of 21 December 1994. № 69 - F3. Fire safety

54 NPB 166-97. Fire fighting equipment. Fire extinguishers. Requirements for operation

55 GOST 12.1.004-91 SSBT. Fire safety. General requirements. I-1-1-95. – M.: Standartinform, 2004. – PP.11

56 GOST 12.1.030-81. Protective earthing, zeroing. – M.: Standartinform, 2008. – PP.5

57 The federal law of 22.07.2008 N 123-F3 (ed. at 13.07.2015) «Technical regulations on fire safety requirements»

58 GOST R ISO 26000-2012, A guide to social responsibility. – M.: Standartinform, 2012. – PP.12

59 SN 2.2.4/2.1.8.562-96. Noise in workplaces, in residential, public buildings and in residential buildings

60 GOST 12.1.002 – 84. Electric fields of industrial frequency. Admissible levels of tension and requirements for monitoring at workplaces. – M.: Standartinform, 2002. – PP.10

61 «The Labor Code of the Russian Federation» of 30.12.2001 N 197-F3 (ed. at 05.02.2018) [electronic source <http://www.consultant.ru>] – access mode: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34683/ – (Date of issue 29.03.2018)

Приложение А
(Обязательное)

Раздел магистерской диссертации, выполненный на иностранном языке

Effect of high frequency electric field upon the volume impregnation of coniferous
wood with aqueous solutions

Студент:

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|---------------|---------------------------|----------------|-------------|
| 4ТМ61 | Ахметтаев Жанибек Асылулы | | |

Руководитель ВКР:

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|----------------|-------------|
| Старший научный сотрудник | Секисов Федор Григорьевич | к.т.н. | | |

Консультант – отделения иностранных языков:

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|--|-----------------------------|-----------------------------------|----------------|-------------|
| Ст. преподаватель, отделение иностраных языков | Квашнина Ольга Сергеевна | | | |

Theoretical foundation

There are many application techniques that ensure supply of active ingredient into the treated wood in required quantity and sufficient distribution. Selection of impregnation techniques depends on the wood properties (species, permeability, moisture content, temperature), preservative characteristics (crystallizing point, etc.), end use (use class, health risk, etc.), and others (customer requirements, technology available). The impregnation treatments can be divided into non-pressure methods and pressure methods.

Brushing and spraying are simple and low-cost treatment methods but the depth of penetration and retention are very limited. Penetration across the grain is minimal and some penetration along the grain is possible. Dipping for seconds can increase end-grain penetration compared to brushing or spraying. The end-grain of pine sapwood is able to get penetration depth in range of 25 to 75 mm. Soaking is the same process like dipping with a difference of the immersion time, which could be hours, days or weeks. This process is often applied in sawmills for small poles and lumbers. The sapwood of pine after 24 to 48 hours of soaking in preservative solution was well penetrated and retention levels ranged from 32 to 96 kg·m⁻³[1].

Hot and cold bath is the physical methods of impregnation, when the wood is soaked in the hot preservative bath and then in the cold preservative bath. The air in cell cavities of wood placed to the hot bath expands. The preservatives are penetrated to wood due to partial vacuum, which is created by the air contraction after immersion in cold baths.

Impregnation, which combine vacuum and pressure, is the most common and effective method. The process requires specially equipped plants with pressure vessels, air compressors, vacuum pumps, measuring and storage tanks, etc. The pressure impregnation methods can be divided into two methods: full-cell and empty-cell.

The pressure impregnation method is usually used with a combination with a vacuum process. Vacuum helps to get rid of air bubbles and moisture that get stuck in the wood structure after the drying process. The pressure inside the wood will be higher than the ambient pressure, it will push the gas and water balls away.

All known methods of impregnation do not allow reaching a sufficient depth of penetration into softwood. This depth cannot provide reliable protection of wood from bio-destructors and ignition, which predetermines a short service life. For the same reason, such promising technologies as the modification of wood by various polymers, deep dyeing, have not generally spread, as applied to coniferous species. In these technologies, an essential condition is deep or even full volume impregnation.

Based on some common features, the impregnation methods can be combined into the following groups. First group is a method that uses pre-treatment (mechanical, biological, chemical) of wood before impregnation. The methods of this group are about the preliminary creation of a conducting system in the wood, through which during the impregnation the liquid will move.

Second group is a group that uses a modernization of "classical" methods of autoclave impregnation. "Classic" methods of impregnating wood, widely used all over the world, include the following technological operations: vacuum treatment, air and liquid pressure. Numerous attempts to modernize the known methods were carried out both in the way of strengthening the technological factors used and in combining them in a different order.

The third group is a group with methods that use dynamic effects. In this method, sound vibrations of the ultrasonic range carry out impregnation with the fluid or the wood itself. The intensifying effect of acoustic oscillations is associated, first, with the acceleration of diffusion processes. Ultrasound, moreover, has an effect on the capillary rise of the liquid, due to the generated sound pressure.

Attempts to find ways to improve the quality of impregnation of softwood have been undertaken many times. The most ancient is the preliminary drilling of holes.

The steam explosion was investigated as a method of increasing the permeability of wood mainly for wood chips used in the pulp industry [2]. This process involves placing the wood in a pressure vessel and increasing the pressure inside the vessel above atmospheric pressure. The saturated steam is then injected into the chamber for a period of time to raise the temperature of the core of the wood above the boiling point of water at atmospheric pressure. Then the pressure is quickly released from the chamber, causing the water to boil in the underpressure structure, and, consequently, the boiling point of the water drops. Depending on the temperature, pressure and size of the wood sections to be treated, the tightness of the steam structure resulting from this process can open moisture paths in the wood, increase permeability, or, under more severe conditions, can destroy the wood [2].

Some studies have also been conducted to investigate laser exposure to wood, in which an array of holes is drilled into a section of a tree with a laser, increasing permeability and increasing the efficiency of impregnation with preservatives and resins [3].

Moreover, many different other experiments were conducted where high pressure and temperature, ultrasound, electrohydraulic effect, alternating pressure, vibration or plasma were used.

In the technologies of impregnation of wood with modifying fluids, the consumer properties of the products obtained are determined mainly by the quality of the impregnation process. It is characterized by such indicators as the depth of penetration of the impregnating liquid and its absorption.

The promising direction of improving a number of properties of wood is the modification with polymers [4]. The essence of the modification is the impregnation of wood with monomers or low-viscosity oligomers, which are then hardened by

heat, ionizing radiation and other influences. As a result, water and water absorption can be significantly reduced, which increases the formability of wood.

The materials thus obtained can have a range of applications from machine parts to parquet. A necessary and indispensable condition for obtaining high-quality products in all these technologies is deep or even through impregnation. The impossibility, with the existing methods of impregnation, to provide this condition, as applied to conifers, hinders the practical implementation of these developments.

Increasing the use of solid wood for furniture, joinery, flooring brings to the forefront its decorative properties. Not valuable wood species are characterized by poor texture and a limited color range. To show the natural texture and give the desired color to wood can be due to its impregnation with solutions of dyes. Dyed wood in its decorative properties is not inferior to valuable wood. The most desirable is through impregnation with high absorption. In this case, most important is the uniformity of the distribution of the impregnating liquid in the wood. This is a condition for uniform coloring throughout the wood section.

Impregnation is the first step in the processes of extraction and delignification of wood. Quantitative and qualitative indicators largely depend on it. For these processes, impregnation is a prerequisite. However, its preparation presents a serious problem, since wood has a low permeability for liquids and gases. Most often in practice, impregnation with various aqueous preservatives is used.

According to [5] chemical preservative systems (against biological attack) can be divided in two main groups so called water-borne and oil-borne.

Water-borne preservatives consist various inorganic chemicals (copper, chromium, arsenic, fluorine, mercury, and others) which are dissolved in water. They are available in powder form or liquid concentrates. [6] state that water-borne preservatives leaves wood surface clean and paintable. Another advantage is the reduction in release of volatile hydrocarbons as atmospheric pollutants during the treatment process. However, these preservatives do not offer protection against

mechanical wear or improved dimensional stability of wood. Some water-based preservatives can leach out when the wood is exposed to liquid water and increase corrosion of steel fasteners [4].

Oil-born preservatives are very effective and often used for treatment of railway sleepers, poles, etc. It has high toxicity against fungi, insects and marine borers, low volatility, electrical resistance. The disadvantages are increased flammability of the treated wood, and impaired or impossible paintability.

Fire retardants are applied to reduce the flammability of wood and act by creating a barrier to the spread of flame and/or generating non-combustible gases. Chemicals of the first type speed the formation of a charred wood layer or form a massive layer of foam. The second type provide fire-retardant action by melting, evaporation, or thermal decomposition. Usually, they contain silicas, ammonium phosphate, ammonium sulphate, zinc chloride, boric acid, or other borates [7].

The chemical modification changes the chemical nature of wood. Some chemicals can react with the cell wall polymer hydroxyl groups. This can result in the formation of a single chemical bond with one OH group or cross-linking between two or more OH groups. The cell wall polymers is modified and the properties of treated wood is changed [8].

One of the main points for choosing a suitable wood modification solution is the type of wood itself. Occasionally it is even difficult to determine the type of timber available.

Chapter A1. Wood and its chemical structure

Cellulose is the major component of the cell walls in wood and responsible for the structural strength of wood. Hemicelluloses also contribute to the mechanical properties of wood, though the function of hemicellulose is still not fully understood because of its complex structure. Though it has been known that polysaccharides

serve as structural material and energy source in plants, certain polysaccharides, called oligosaccharins, may perform other important biochemical functions as well [9]. They can influence on growth, development, differentiation of cells, gene expression and participate in defensive reactions against fungi and other microorganisms. However, the wood saccharides and polysaccharides are a source of food for microorganisms and therefore different fungi and bacteria are a threat for the life span of wooden materials. Nevertheless, wood contains other components that prevent its early degradation. Lignin is a polymeric amorphous substance that plays a major role as a natural binder in the composite structure of wood [10]. It also plays as a barrier against biological degradation and lowers the moisture absorption of wood. The extractives in wood can be fats, fatty acids, fatty alcohols, phenols, terpenes, steroids, resin acids, rosin, waxes, and many other minor organic compound. The major amounts of extractives are found in heartwood. Some of the extractives act as toxic components that provide protection against wood degradation.

Cellulose is the major structural component of wood, making up approximately one half of the cell-wall material of both softwoods and hardwoods. Moreover, cellulose is considered the main component of the cell walls of all true plants, for example, cotton is almost pure cellulose [11].

As mentioned above, cellulose is the main component of all true plants, but what makes wood different from the other plants? For example, both cotton and wood have cellulose as the main functional component, but the properties of these two materials are very different; cotton is soft, flexible and absorbs water up to 10 times its weight, while wood is a stiff material with low water absorption [8]. Wood contains large amount of lignin (18–25% for hardwoods and 15–35% for softwoods) and that makes wood different from cotton and other fibrous plant-materials. Lignin is an amorphous hydrophobic polymer with a highly complex structure (Figure 5) consisting mainly of aromatic and aliphatic.

A1.1 Distinction between hardwood and coniferous tree

There are many systems for classifying plants, but among them there are two distinct groups that are suitable for describing trees. These groups are gymnosperms and angiosperms. Angiosperms are evolutionarily newer and form two large classes of plants. These classes in turn are divided into even more subclasses according to their botanical properties [12]. The largest class – the class of dicots is widely used in the forest industry.

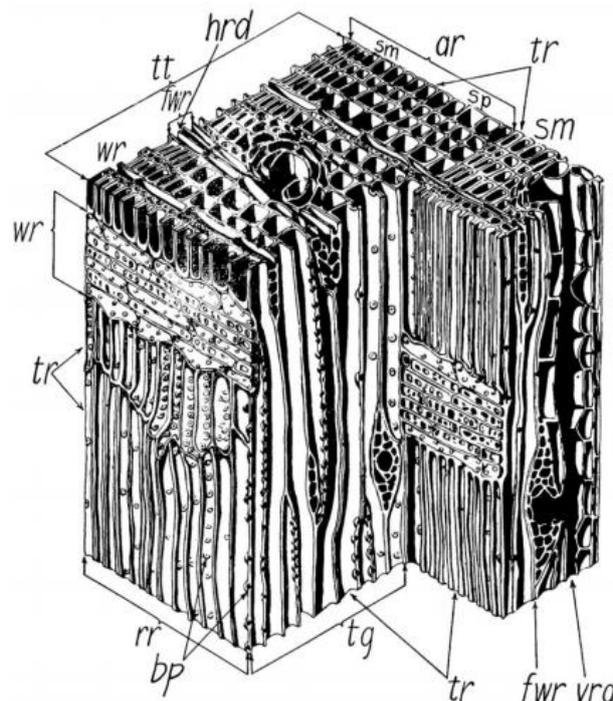
Gymnosperm – the smaller and evolutionarily older of the two groups, in turn, is divided into four smaller groups: Pinophyta (or Coniferophyta) – Conifers, Cycadophyta – Cycads and Ginkgophyta - Ginkgo represented in a single species [12]. Among all these groups, conifers are the most interesting for the timber industry.

Hardwoods are called angiosperms, when conifers are related to gymnosperms.

At the macroscopic level, the tree trunk, which is the main source of valuable building material, has three main properties: it supports the tree crown, delivers mineral solutions from the roots, where they are absorbed into the crown, where these solutions are processed and stored processed foods (carbohydrates) until they will not be needed.

Wood varies greatly in its structure. Hardwoods (Figure 2) differ from softwoods (Figure 1), and in each of these groups there are differences among individual species. In fact, there are differences even in the same tree, since the heartwood, although its gross structure is the same, commonly contains certain substances not abundant in the sapwood. All these differences have their influence upon the penetrability of the wood by preservatives (impregnants) [13].

Hardwood has a system of cells in the form of vessels that perform the transfer of water and mineral substances dissolved in it from the roots to the leaves. Vessels are in the form of tubes.

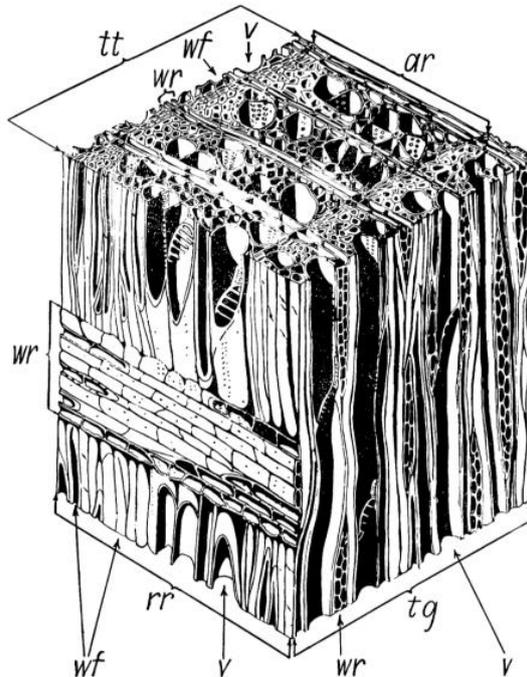


tt – cross-section surface; rr – radial surface; tg – tangential surface; ar – annual ring; sm – latewood; sp – earlywood; tr – tracheids, or fibres; hrd – radial resin canal; vrd – axial resin canal; fwr – fusiform wood ray or ray having radial resin canal; wr – wood rays; bp – bordered pits [13]

Figure A1 – Drawing of a highly magnified block of softwood measuring about 0.635 mm vertically

Mostly cellular structure of a softwood consists of elongated cells in radial rows, with skewed ends, called tracheids. In the walls of the tracheids there are pores through which they communicate with neighboring cells. Tracheids are dead cells.

In the trunk of a growing tree, only the newly formed annual layer contains live tracheids. In addition, coniferous wood differs from hardwood in that it contains cells that produce and store resin. These cells are grouped into horizontal and vertical resin courses.



tt – cross-section surface; rr – radial surface; tg – tangential surface; v – vessel or pore; wf – wood libriform fibres; wr – wood rays; ar – annual ring [13]

Figure A2 – Drawing of a highly magnified block of hardwood measuring about 0.635 mm vertically

In hardwoods, the main volume consists of vessels and vascular tracheids, libriform fibers, parenchyma cells. Vessels are a system of cells serving in a growing tree to hold water with dissolved mineral substances from the roots to the leaves. Fibers of libris - the most durable elements of hardwood that perform mechanical functions. The remaining volume of wood is made up of the cells of the wood parenchyma. These cells perform storage functions.

Impregnation of wood is mainly provided by vessels that carry liquid along all fibers of the wood, when in conifers the tracheids, because of their spongy structure, prevent free flow of solution. In addition, to get rid of air pockets in tracheids, preventing impregnation too is a challenge. The presence of resin in resin pockets reduces the amount of liquid absorbed.

The entire cross-section of the trunk contributes to its mechanical strength and therefore performs the first basic function, while the outer living layers of the trunk, known as sapwood, limit the conductivity and storage functions. Sapwood may vary depending on the species, growth rate and age of the tree and reach from 10% to 60% of the trunk radius [14]. Since the cells in the sapwood, as the tree grows old, cease to act as a conductor and storehouse, they die. Thus, the innermost layers of the sapwood are transformed into core wood. With the transition of the sapwood to the core (ripe wood), a number of changes occur in it, one of the manifestations of which is a sharp decrease in permeability

The biggest difference in the permeability is between heartwood and sapwood. The sapwood of the tree is physiologically active composed of lived xylem cells. Therefore, almost all of the sapwood (both hardwoods and softwoods) is well permeable (impregnable). The heartwood is formed by physiologically dead part of xylem contained various organic substances, known collectively as extractives. The tyloses may occur in the vessels of hardwoods and cause their impermeability. Permeability (fluid permeability) is a material property and is defined as the ease with which fluid flows through a porous medium under the influence of pressure gradient [15]. This is not to be confused with magnetic permeability which is a constant relating magnetic flux density to magnetic field intensity in a given material. A material must be porous to be permeable (i.e. it must have some void space within its structure) but the reverse is not necessarily true, as in the case of closed cell foams.

Due to many of the inherent properties of timber, permeability can be quite difficult to measure. The permeability of wood varies significantly between different varieties of tree, between different trees in the same species, between sapwood and heartwood within particular tree and even varies considerably within a particular type of wood in the same tree.

Permeability is also significantly influenced by the moisture content of the wood which can present measurement difficulties as most if not all measurement techniques change the moisture content of wood due to the fluid flow involved. This is particularly evident in softwoods, where pit aspiration can cause large changes in permeability during permeability measurement were the moisture content of samples is above the fiber saturation point [15].

A1.2 Impregnation mechanism

Practically all species are most easily penetrated longitudinally, since liquids can follow in the direction of the vessels in the hardwoods and through the full length of the cellular space of the tracheids. Liquids passing in a transverse direction, radial or tangential, must generally pass through many cell walls [13]. Longitudinal/tangential permeability ratios of softwoods, measured by several investigators, are between 500 and 80,000 to one. Longitudinal/radial ratios extended from 15 to 50,000 to one. In hardwoods, there is a little difference between tangential and radial permeability. Longitudinal/tangential ratios measured by several authors are in range between 3×10^4 and 4×10^8 to one with the highest ratio for the ring-porous red oaks. These high ratios in hardwoods may be explained by: (a) the generally poorer penetrability of rays in hardwoods than in softwoods and (b) the very high longitudinal permeability of ring-porous hardwoods with open vessels [15].

Chapter A2. Influence of the electric field on the liquid in the wood

The dielectric properties of a material determine the way in which an electric field interacts with that material. Two important dielectric properties of interest in microwave heating applications are the relative permittivity and the loss tangent.

Some inhomogeneous materials such as wood have different dielectric properties indifferent directions. For example, the relative permittivity of some woods can be up to three times higher along the grain than across the grain [16].

As a natural biological composite of a complex structure, wood has specific properties that are manifested when interacting with an alternating electromagnetic field. The effect of a magnetic field freely penetrating into the wood is so small that it is not taken into account for practical purposes (the magnetic susceptibility of wood material is about $(0,2 - 0,4) \cdot 10^{-6}$, that is, as air).

Under the influence of the electrical component in the wood, especially wet, electric currents arise. The occurrence of electric currents is accompanied by the effect of polarization of the electrical constituents of the component composition and heating of the wood.

The specific resistance of absolutely dry wood is $10^{10} - 10^{19} \Omega \cdot \text{m}$, which makes it possible to consider it a dielectric. In an absolutely dry state, wood has weak properties of a polar dielectric. When humidified, polar properties manifest themselves, and as the humidity increases, the resistivity of the wood decreases, it becomes nearly conductive to semiconductors. At a humidity above the saturation limit of the cell walls, ionic conduction occurs.

Due to the fact that the magnetic component of the field has no effect on wood, the effect of polarization is due to the presence of moisture in the wood.

The phenomenon of polarization consists in changing the spatial arrangement of electrically charged particles of matter that form the water-wood system. At the same time, an electric moment is formed.

The macromolecules of cellulose, hemicellulose, lignin, which constitute the wood substance, are characterized by dipolar polarization. Dipole polarization consists in the rotation of dipole molecules in the direction of the external electric field. The effect of polarization of a dielectric is created due to the orientation of dipole molecules in chaotic thermal motion. This polarization in the wood is caused by the displacement of the polar groups (radicals) OH, CH₂OH relative to the immobile parts of the molecules. When the field is removed, the thermal motion of the molecules disturbs the dipole polarization.

There is also migration polarization in the wood, because wet wood is a composition of substances: the wood itself in the solid phase, water in the liquid and gaseous phases and air.

A contact potential difference arises between water and wood substance - water acquires the potential of one sign, the wood substance of the other. Woody material has a much lower electrical conductivity than moisture. Therefore, the electric field created by moisture on the potential of the wood occurs. As a result of this superposition of fields, the free electrons and ions contained in the conducting or semiconducting inclusions of the cell walls move within each inclusion, which acquires a dipole moment. The heterogeneity of the structure of the wood leads to a limited movement of charges, which, being free within the same cavity or channel, behave similarly to bound charges. The dissociated ions, which are in free water in the cell cavity, shift when the electric field is applied, polarizing the water.

Related to the study of this work it is important to know the effect of microwave radiation on the permeability of wood. Under high microwave power density treatment, moisture within the wood is first heated and then boiled, generating steam. This creates internal pressure in the wood and can drive water out of the wood far quicker than conventional drying. When heated further, the high pressure generated can result in rupture of some of the elements within the wood structure, increasing the permeability [17]. This is referred to as microwave wood

modification. Increasing permeability can both speed subsequent drying processes and reduce moisture content gradients, reducing degradation due to splitting and checking.

The mechanisms of increased permeability in softwoods were stated as destruction of ray tissue, softening and mobilisation of resin and creation of cavities in the longitudinal-radial plane [18]. Similar results were reported in hardwoods, where intensive microwave treatment resulted in rupture of tracheids and libriform fibres in the ray tissue, formation of micro-checks at the interface of the ray tissue and longitudinal fibres and formation of voids in the longitudinal-radial plane. They found the resultant increase in permeability accelerated the drying process, relieved stresses, reduced check formation and improved impregnability.

Bibliography

- 1 Richardson, B.A. Wood preservation. – L.; Taylor & Francis. – 1993. – P. 226
- 2 Zhang, Y. Effects of steam explosion on wood appearance and structure of sub-alpine fir / Zhang Y., Cai L // Wood Science and Technology, 2006 – №40 – P. 427-436
- 3 Islam, M. N. Comparative study between full cell and passive impregnation method of wood preservation for laser incised Douglas fir lumber / Ando, K., Yamauchi, H., Kobayashi, Y. & Hattori // Wood Science and Technology. – №42 – 2008. –P. 343-350.
- 4 George T. Tsoumis. Science and technology of wood: structure, properties, utilization. – Van Nostrand Reinhold,1991 – P. 494
- 5 Rowell R. M. Handbook of Wood Chemistry and Wood Composites, Second Edition. CRC Press. Taylor & Francis Group, –2013. – P. 703
- 6 Zabel R. A. Wood microbiology: decay and its prevention / Zabel, R. A, Morrell, J. J. // San Diego: Academic Press. -1992. – P. 476
- 7 Richardson, B.A. Wood preservation. – L.:E & FN SPON, 1994. – P. 248
- 8 Hill C. A. S. Wood modification: chemical, thermal and other processes. – Hoboken: John Wiley & Sons. – 2006. – P. 260
- 9 Ek M., Wood Chemistry and Biotechnology / Ek M., Göran Gellerstedt, Gunnar Henriksson // Walter de Gruyter – 2009. – P. 308
- 10 Fengel, D., Wood. Chemistry, Ultrastructure, Reactions / Fengel, D., Wegener // – N-Y.:Walter de Gruyter. – 1989. – P. 626
- 11 Brown W. B. Introduction to organic chemistry. 3rd ed. / Brown W. B., Poon, T. // – John Wiley & Sons, Inc. – 2005. – P.696
- 12 Bootle, K. Wood in Australia, Types Properties and Uses. – McGraw-Hill Book Company – 2005. – P.443

- 13 Maclean, J. D. Preservative treatment of wood by pressure methods. – Washington: U. S. Govt. Print. Off.j. – 1953. – P. 160
- 14 Vinden, P. The physical manipulation of wood properties using microwaves. / Vinden, P., Torgovnikov, G. // IUFRO Conference. Tasmania, Australia. – 2000
- 15 Usta, I. A Review of the Factors Affecting Permeability in Softwoods / The international research group on wood preservation 35th annual meeting. // Ljubljana, Slovenia, - 2004
- 16 Vinden, P. Microwave modification of Radiata pine railway sleepers for preservative treatment. / Vinden, P., Torgovnikov, G. & Hann, J. // European Journal of Wood and Wood Products – №69 – 2010 – P. 271-279
- 17 Vinden, P. The Manufacture of Solid Wood Composites from Microwave Modified Wood. / Vinden, P., Torgovnikov, G., Przewłoka, S., Hann, J. & Shaginov, A. // International Panel Products Symposium. Cardiff, Wales, UK. – 2007
- 18 Vinden, P. The physical manipulation of wood properties using microwaves. / Vinden, P., Torgovnikov, G. // IUFRO Conference. Tasmania, Australia. – 2000

CD – диск

«Исследование влияния высокочастотного электрического поля на качество объемной пропитки древесины хвойных пород водными растворами»