

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова»
Факультет среднего профессионального образования

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по выполнению курсового проекта по дисциплине

ОП.06 Гидротермическая обработка и консервирование древесины

для студентов очной и заочной форм обучения

специальности 35.02.03 «Технология деревообработки» (базовый уровень)

Одобрены методическим
советом факультета
Протокол №____
от «__»_____2019 г.

Председатель МО:
_____Подловченко Г.В.

Рассмотрены и одобрены на заседании
цикловой комиссии спец. 35.02.03
Протокол №____
от «__»_____2019 г.

Председатель ЦК:
_____Федорова И.П.

Составитель: Русакова Л.Н., преподаватель первой категории

Методические указания предназначены для организации работы студентов очной и заочной форм обучения при выполнении курсового проекта по ОП.06 Гидротермическая обработка и консервирование древесины, содержат рекомендации по выполнению расчетов согласно рабочей программы, разработанной по ФГОС СПО.

Методические указания по выполнению курсового проекта разработаны в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования по специальности 35.02.03.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Выполнение курсового проекта студентами проводится с целью:

- закрепление навыков работы со справочной литературой и нормативными документами;
- систематизации и закрепления полученных знаний и умений по общепрофессиональным дисциплинам и междисциплинарным курсам;
- углубления теоретических знаний в соответствии с заданной темой;
- применения теоретических знаний при решении поставленных задач, в том числе и практических;
- применения различных методов сбора информации и анализа изученных в теории вопросов по заданной теме;
- формирования научного мышления (критически анализировать и обобщать имеющийся материал, делать выводы и др.);
- развития творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- получения навыков оформления письменных работ в соответствии с установленными требованиями.

Результатом курсового проекта должны стать усвоенные предметные знания и универсальные умения (компетенции) студентов.

Методически рекомендации составлены с целью пояснения хода выполнения и написания курсового проекта студентами, а также их применение на консультативных занятиях при выполнении самостоятельной работы.

2. ОРГАНИЗАЦИЯ ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Общее руководство и контроль за подготовкой курсовых проектов осуществляется преподавателем соответствующей дисциплины.

Курсовой проект выполняется в сроки определённые рабочим учебным планом образовательным учреждением.

На время выполнения курсового проекта составляется расписание консультаций, утверждаемое руководителем направления.

Основными функциями руководителя курсового проекта являются:

- консультирование по вопросам содержания и последовательности выполнения курсового проекта;
- оказание помощи студентам в подборе необходимого материала;
- контроль хода выполнения курсового проекта;
- подготовка письменного отзыва на курсовой проект.

Выполненная студентом работа проверяется руководителем, подписывается и вместе с отзывом передается студенту для ознакомления. При необходимости руководитель курсового проекта может предусмотреть ее защиту. Работу над курсовым проектом необходимо начинать с выбора темы и ее согласования с преподавателем. После этого необходимо подобрать

литературу и другие источники информации.

В отзыве на курсовой проект указывается:

- заключение о соответствии курсового проекта заявленной теме;
- полнота и качественный уровень достижения цели исследования и решения поставленных задач;
- краткая характеристика проделанной студентом работы по всем разделам задания;
- теоретико-методический уровень выполнения работы, полнота использования материалов и специальной литературы;
- уровень освещения вопросов темы (наиболее удачные и слабые);
- обоснованность выводов, практическая ценность предложений и рекомендаций;
- оценка курсового проекта (хорошо, удовлетворительно, неудовлетворительно).

Курсовой проект оценивается по пятибалльной системе. Положительная оценка по дисциплине выставляется только при условии успешной сдачи курсового проекта на оценку не ниже «удовлетворительно».

Критерии оценки курсового проекта:

- степень усвоения студентом понятий и категорий по теме курсового исследования;
- умение работать с документальными и литературными источниками;
- умение формулировать основные выводы по результатам анализа конкретного материала;
- самостоятельность работы, оригинальность в осмыслении материала;
- грамотность и стиль изложения;
- правильность и аккуратность оформления;
- соответствие оформления курсового проекта установленным требованиям.

Примечание. Критерии, при наличии хотя бы одного из которых работа оценивается только на «неудовлетворительно». К ним относятся:

- тема и (или) содержание работы не относится к предмету дисциплины;
- работа перепечатана из Интернета, CD-ROM или других носителей информации;
- неструктурированный план работы;
- объём работы менее 10 листов машинописного текста;
- оформление курсового проекта не соответствует требованиям (отсутствует нумерация страниц, неверное или неполное оформление библиографии и т.д.).

При оценке письменных работ преподаватель-экзаменатор обращает также внимание на следующие распространенные ошибки в работах студентов:

- отсутствие четкости в определении основного содержания курсового проекта, убедительных доказательств, обоснований, выводов и рекомендаций;
- нарушение последовательности изложения, частые повторения, нечёткие

формулировки, оговорки, грамматические ошибки.

Критерии оценивания курсового проекта:

- оценка «отлично» ставится, если все поставленные задачи выполнены и работа содержит не более чем два недочета;
- оценка «хорошо» ставится, если все поставленные задачи выполнены и работа содержит более чем два недочета;
- оценка «удовлетворительно» ставится, если выполнены не все поставленные задачи;
- оценка «плохо» ставится, если поставленные задачи не выполнены.

3. ТРЕБОВАНИЯ К СТРУКТУРЕ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

По содержанию курсового проекта по ОП.06 Гидротермическая обработка и консервирование древесины носит практический характер. По объему работа должна быть не менее 10 страниц печатного текста и не более 50 страниц.

Курсовой проект должен содержать следующие элементы:

- титульный лист, на котором располагается информация об учебном заведении, тема работы, Ф.И.О., специальность и группа студента, данные руководителя, год выполнения (см. приложение А);
- бланк с заданием, в котором указывается Ф.И.О, группа студента, тема курсового проекта, содержание работы, сроки выполнения (см. приложение Б);
- содержание;
- введение;
- основная часть;
- заключение;
- список источников;
- приложения.

По структуре работа носит практический характер и включает в себя следующие основные разделы:

- содержание, которое включает в себя основные разделы курсового проекта с указанием номера страницы раздела;
- введение призвано познакомить читателя с сущностью исследуемой темы; во введении указываются актуальность и значение темы, степень ее разработанности в литературе, формулируются цель и задачи работы;

Основная часть курсового проекта излагается последовательно в соответствии с содержанием (планом) работы; все параграфы должны быть логически связаны между собой и в совокупности раскрывать тему; после каждого параграфа желательно формулировать краткие выводы.

Заключение, в котором подводятся итоги работы в целом, формулируются выводы, отражающие степень достижения поставленных целей, указываются рекомендации относительно возможностей практического применения материалов работы; содержание заключения последовательно и логически

стройно представляет результаты всей работы.

Список источников является важнейшей частью курсового проекта, поскольку отражает проделанную работу и глубину исследования темы; в список должны быть включены только те источники, которые действительно использовались автором: литература, Интернет-ресурсы.

4. ОФОРМЛЕНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

По окончании каждой главы работы студент сдает их руководителю для прочтения и последующего приведения их содержания в соответствии с существующими требованиями. Сделанные замечания студент устраняет в сроки согласованные с руководителем.

Введение и заключение выполняются, как правило, после написания последней главы, когда студент уже имеет полное представление обо всей работе в целом.

1. **По объему работа** должна быть до 50 страниц печатного текста, на одной стороне листа белой бумаги в текстовом процессоре Word с использованием бумаги формата А4 (297x210 мм).

2. При оформлении работы следует учитывать требования к тексту:

- шрифт – Times New Roman или GOST ty A
- размер шрифта – 14;
- междустрочный интервал – 1,5;
- выравнивание текста – по ширине.

3. Текст работы следует располагать на странице, учитывая размеры полей:

- левое – 30 мм;
- правое – 10 мм;
- нижнее – 20 мм;
- верхнее – 15 мм

4. Все **страницы** курсового проекта, включая иллюстрации и приложения, нумеруются по порядку от титульного листа до последней страницы без пропусков и повторений. Первой страницей является титульный лист, оформленный в соответствующем порядке. Номер страницы на нем не ставится. На последующих страницах порядковый номер печатается в правом нижнем углу без точки в конце, начиная со второй страницы.

5. **Содержание** курсового проекта можно разбивать на разделы, подразделы и пункты по следующей схеме:

1 Раздел (наименование)

1. наименование

1.1.2 наименование

Каждый раздел начинается с новой страницы.

6. **Заголовки** основных и дополнительных разделов курсового проекта следует располагать в середине строки без точки в конце и печатать жирным шрифтом прописными буквами, не подчеркивая.

Заголовки подразделов и пунктов следует начинать с абзацного отступа и печатать жирным шрифтом с прописной буквы, не подчеркивая, без точки в конце.

Если заголовок включает несколько предложений, их разделяют точками. Переносы слов в заголовках не допускаются.

7. **Разделы** должны иметь порядковые номера в пределах всей записи, обозначенные арабскими цифрами без точки и записанные с абзацного отступа.

Это правило не относится к таким элементам как: СОДЕРЖАНИЕ, ВВЕДЕНИЕ, ЗАКЛЮЧЕНИЕ, СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ, ПРИЛОЖЕНИЯ, заголовки которых записываются прописными буквами с выравниванием по центру и не нумеруются.

Подразделы должны иметь нумерацию в пределах каждого раздела. Номер подраздела состоит из номеров и подраздела, разделенных точкой. В конце номера подраздела точка не ставится. Разделы, как и подразделы, могут состоять из одного или нескольких пунктов.

Пункты, как правило, заголовков не имеют. Если записка не имеет подразделов, то нумерация пунктов в нем должна быть в пределах каждого раздела, и номер пункта должен состоять из номеров раздела и пункта, разделенных точкой. В конце номера пункта точка не ставится.

В тексте документа не допускается:

- ❖ применять обороты разговорной речи,
- ❖ применять для одного и того же понятия различные научно-технические термины, близкие по смыслу (синонимы),
- ❖ применять произвольные словообразования,
- ❖ применять сокращение слов, кроме установленных правилами русской орфографии, соответствующими государственными стандартами, а также данному документе,

8. **Иллюстрации** должны иметь названия. Все иллюстрации в работе называются рисунками. Каждый рисунок сопровождается подрисуночной подписью. Рисунки нумеруют последовательно в пределах раздела (главы) арабскими цифрами. Например: «Рис.1.2.», либо сквозной нумерацией. Данные, приведенные на рисунках, следует кратко проанализировать.

Иллюстрации и таблицы, расположенные на отдельных листах, включают в общую нумерацию страниц.

9. Название **таблицы**, при его наличии, должно отражать ее содержание, быть точным, кратким. Название следует помещать над таблицей. При переносе части таблицы на ту же или другие страницы название помещают только над первой частью таблицы.

Таблица _____
Номер, название таблицы

1	2	3	4	5

Продолжение таблицы _____

1	2	3	4	5

Таблицы, за исключением таблиц приложений, следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией. Таблицы каждого приложения обозначают отдельной нумерацией арабскими цифрами с добавлением перед цифрой обозначения приложения.

10. **Формулы** могут быть вписаны в текст от руки тщательно и разборчиво или напечатаны на компьютере. Не разрешается одну часть формулы вписывать от руки, а другую впечатывать. Выше и ниже каждой формулы должно быть оставлено не менее одной свободной строки. Размеры знаков для формулы рекомендуются следующие: прописные буквы и цифры - 7-8 мм, строчные - 4 мм, показатели степени и индексы - не менее 2 мм.

Пояснение значений символов и числовых коэффициентов следует приводить непосредственно под формулой в той же последовательности, в которой даны в формуле. Значение каждого символа и числового коэффициента следует давать с новой строки. Первую строку пояснения начинают со слова «где» без двоеточия.

Формулы в работе следует нумеровать порядковой нумерацией в пределах всей работы арабскими цифрами в круглых скобках в крайнем правом положении на строке. Если в работе только одна формула или уравнение, их не нумеруют.

Номер проставляется справа от формулы на одном с ней уровне в круглых скобках.

Пример:

Плотность каждого образца ρ , кг/м³, вычисляют по формуле:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1)$$

где

m – масса образца, кг.

V – объем образца, м³

11. **Приложения** располагаются в порядке выполнения на них ссылок в тексте работы. Каждое приложение начинается с нового листа и содержит в правом верхнем углу слово «Приложение». При наличии в работе нескольких приложений проставляется его нумерация. Например, приложение 1,2 и т.д. объем приложений не ограничивается.

12. Указание **источников использованной информации** располагается в алфавитном порядке. При указании источника информации называется автор, название литературного источника, место его выпуска, название издательства, год издания и страница. Если в работе мысль автора источника изложена словами студента - автора курсового проекта, то в этом случае после цифры пишется «См.» и далее указывается источник. Подобным же образом даются

ссылки на источники приводимых статистических данных. В случае использования собственных расчетов указывается, что это расчеты автора.

13. Работа должна быть написана логически последовательно, литературным языком. Не следует употреблять как излишне пространных и сложно построенных предложений, так и чрезмерно кратких, лаконичных фраз, слабо между собой связанных, допускающих двойное толкование и т.п.

Не рекомендуется вести изложение от первого лица единственного числа: «я наблюдал», «я считаю», «по моему мнению» и т.п. Фразы строятся с употреблением слов «мы», т.е. фразы с употреблением слов «наблюдаем», «устанавливаем», «имеем». Можно использовать выражения «на наш взгляд», «по нашему мнению», выражать мысль в безличной форме «на основе выполненного анализа можно утверждать» и т.п.

14. В работе должно быть соблюдено единство стиля изложения, обеспечена орфографическая, синтаксическая и стилистическая грамотность в соответствии с нормами современного русского языка.

15. Необходимо обратить внимание на правильное оформление **списка используемой литературы**.

Пример для книги автора

1. Сербиновский Б.Ю., Фролов Н.Н. Консервирование древесины: учебник для СПО. - М.: МарТ – 2017, 496 с.

Пример для статьи

Петров А.П. Гидротермическая обработка древесины на предприятиях // материалы научно-практической конференции – Н.Новгород. НФ УРАО С. 110-115.

Пример для сборника трудов

Современные проблемы теории и практики: Сборник научных трудов / Науч. Ред. А.Г. Маркуша – Новгород: НФ УРАО, 2019 г.-190с.

5. ПОРЯДОК ХРАНЕНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ

Выдача отдельных курсовых проектов студентам для ознакомления с их содержанием может быть разрешена заведующим кабинетом только в пределах помещения учебного кабинета.

Выполненные студентами курсовые проекты хранятся один год в кабинетах соответствующих дисциплин или учебной части. По истечении указанного срока все курсовые проекты, не представляющие для кабинета интереса, списываются по акту.

Лучшие курсовые проекты, представляющие учебно-методическую ценность, могут быть использованы в качестве учебных пособий в кабинетах и лабораториях образовательного учреждения.

По рекомендации руководителей курсовые проекты могут направляться на конкурсы научных студенческих работ при соответствующем их оформлении.

6. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА И ВАРИАНТЫ ПРОЕКТА

Общие указания

Курсовой проект состоит из чертежей и пояснительной записки. Количество чертежей, их содержание и масштабы указаны в задании. Чертежи выполняются в соответствии с требованиями и стандартами. Курсовой проект выполняется в печатном виде.

Задания для курсового проекта

ВАРИАНТ 1

Характеристика материала: доски обрезные

Годовой объем сушки $\Phi = 24000$ м³/год

Спецификация материала

Порода	Размеры, мм			Начальная влажность, W_n , %	Конечная влажность, W_k , %	Категория сушки	Годовой объем сушки, м ³ /год
	толщина	ширина	длина				
Сосна	32	180	6500	70	10	I	6000
Лиственница	22	150	6000	66	10	I	6000
Бук	25	200	5000	70	8	I	6000
Осина	40	150	6500	50	8	I	6000

Тип сушильной камеры - Стационарная ВК-4

Режимы сушки – Нормальный (Н)

Скорость циркуляции агента сушки через штабель $V_{шт} = 2$ м/с

ВАРИАНТ 2

Характеристика материала: доски обрезные

Годовой объем сушки $\Phi = 16000$ м³/год

Спецификация материала

Порода	Размеры, мм			Начальная влажность, W_n , %	Конечная влажность, W_k , %	Категория сушки	Годовой объем сушки, м ³ /год
	толщина	ширина	длина				
Лиственница	32	180	5000	55	10	II	4000
Кедр	25	220	6500	70	10	II	4000
Береза	40	120	6500	68	12	II	4000
Осина	50	150	6000	60	12	II	4000

Тип сушильной камеры - Стационарная ВК-4

Режимы сушки – Форсированный (Ф)

Скорость циркуляции агента сушки через штабель $V_{шт} = 2$ м/с

ВАРИАНТ 3

Характеристика материала: доски обрезные

Годовой объем сушки $\Phi = 22000$ м³/г

Спецификация материала

Порода	Размеры, мм			Начальная влажность, W_n , %	Конечная влажность, W_k , %	Категория сушки	Годовой объем сушки, м ³ /год
	толщина	ширина	длина				
Ель	32	150	6000	68	10	II	5500

Лиственница	25	180	5000	70	8	II	5500
Дуб	22	100	5000	50	8	II	5500
Осина	40	120	6500	62	10	II	5500

Тип сушильной камеры - Стационарная ЛТА Соколова-4х штабельная

Режимы сушки – Высокотемпературный (В)

Скорость циркуляции агента сушки через штабель $V_{шт} = 2$ м/с

ВАРИАНТ 4

Характеристика материала: доски обрезные

Годовой объем сушки $\Phi = 20000$ м³/год

Спецификация материала

Порода	Размеры, мм			Начальная влажность, W_n , %	Конечная влажность, W_k , %	Категория сушки	Годовой объем сушки, м ³ /год
	толщина	ширина	длина				
Сосна	32	100	6500	64	10	II	5000
Ель	40	150	5500	70	10	II	5000
Дуб	22	180	6500	50	8	II	5000
Осина	50	200	5000	60	8	II	5000

Тип сушильной камеры - Стационарная ЛТА Соколова-4х штабельная

Режимы сушки – Высокотемпературный (В)

Скорость циркуляции агента сушки через штабель $V_{шт} = 2$ м/с

ВАРИАНТ 5

Характеристика материала: доски обрезные

Годовой объем сушки $\Phi = 24000$ м³/год

Спецификация материала

Порода	Размеры, мм			Начальная влажность, W_n , %	Конечная влажность, W_k , %	Категория сушки	Годовой объем сушки, м ³ /год
	толщина	ширина	длина				
Лиственница	22	180	6000	70	10	III	6000
Кедр	32	150	6500	72	10	III	6000
Бук	25	100	6000	52	8	III	6000
Осина	40	120	6500	60	8	III	6000

Тип сушильной камеры - Стационарная ЛТА Соколова-4х штабельная

Режимы сушки – Высокотемпературный (В)

Скорость циркуляции агента сушки через штабель $V_{шт} = 2$ м/с

ВАРИАНТ 6

Характеристика материала: доски обрезные

Годовой объем сушки $\Phi = 40000$ м³/год

Спецификация материала

Порода	Размеры, мм			Начальная влажность, W_n , %	Конечная влажность, W_k , %	Категория сушки	Годовой объем сушки, м ³ /год
	толщина	ширина	длина				
Сосна	60	120	5000	70	12	I	10000
Лиственница	22	150	5000	68	12	I	10000
Кедр	40	180	5500	70	10	I	10000
Береза	50	100	5500	60	10	I	10000

Тип сушильной камеры – ЦНИИМОД-56 (непрерывного действия)

Режимы сушки – Нормальный (Н)

Скорость циркуляции агента сушки через штабель $V_{шт} = 2 \text{ м/с}$

ВАРИАНТ 7

Характеристика материала: доски обрезные

Годовой объем сушки $\Phi = 40000 \text{ м}^3/\text{год}$

Спецификация материала

Порода	Размеры, мм			Начальная влажность, $W_n, \%$	Конечная влажность, $W_k, \%$	Категория сушки	Годовой объем сушки, $\text{м}^3/\text{год}$
	толщина	ширина	длина				
Сосна	25	100	6500	72	18	0	10000
Лиственница	40	120	6000	68	20	0	10000
Пихта	50	150	6000	62	20	0	10000
Кедр	32	200	6500	70	18	0	10000

Тип сушильной камеры – ЦНИИМОД-56 (непрерывного действия)

Режимы сушки – Мягкий (М)

Скорость циркуляции агента сушки через штабель $V_{шт} = 2 \text{ м/с}$

ВАРИАНТ 8

Характеристика материала: доски обрезные

Годовой объем сушки $\Phi = 40000 \text{ м}^3/\text{год}$

Спецификация материала

Порода	Размеры, мм			Начальная влажность, $W_n, \%$	Конечная влажность, $W_k, \%$	Категория сушки	Годовой объем сушки, $\text{м}^3/\text{год}$
	толщина	ширина	длина				
Сосна	60	100	6500	70	8	II	10000
Лиственница	25	120	6000	56	10	II	10000
Пихта	40	150	6000	60	10	II	10000
Кедр	50	200	6000	68	8	II	10000

Тип сушильной камеры – ЦНИИМОД-56 (непрерывного действия)

Режимы сушки – Форсированный (Ф)

Скорость циркуляции агента сушки через штабель $V_{шт} = 2 \text{ м/с}$

ВАРИАНТ 9

Характеристика материала: доски обрезные

Годовой объем сушки $\Phi = 24000 \text{ м}^3/\text{год}$

Спецификация материала

Порода	Размеры, мм			Начальная влажность, $W_n, \%$	Конечная влажность, $W_k, \%$	Категория сушки	Годовой объем сушки, $\text{м}^3/\text{год}$
	толщина	ширина	длина				
Береза	40	150	5000	62	12	I	6000
Лиственница	22	100	6500	64	10	I	6000
Осина	50	120	5500	60	12	I	6000
Кедр	32	180	6500	72	10	I	6000

Тип сушильной камеры – Стационарная ВК-4

Режимы сушки – Нормальный (Н)

Скорость циркуляции агента сушки через штабель $V_{шт} = 2 \text{ м/с}$

ВАРИАНТ 10

Характеристика материала: доски обрезные

Годовой объем сушки $\Phi = 28000 \text{ м}^3/\text{год}$

Спецификация материала

Порода	Размеры, мм			Начальная влажность, $W_n, \%$	Конечная влажность, $W_k, \%$	Категория сушки	Годовой объем сушки, $\text{м}^3/\text{год}$
	толщина	ширина	длина				
Дуб	25	180	6000	70	18	0	7000
Лиственница	32	100	5500	64	18	0	7000
Осина	40	120	5500	72	20	0	7000
Сосна	50	100	6000	72	20	0	7000

Тип сушильной камеры – Стационарная ВК-4

Режимы сушки – Мягкий (М)

Скорость циркуляции агента сушки через штабель $V_{шт} = 2 \text{ м/с}$

ВАРИАНТ 11

Характеристика материала: доски обрезные

Годовой объем сушки $\Phi = 24000 \text{ м}^3/\text{год}$

Спецификация материала

Порода	Размеры, мм			Начальная влажность, $W_n, \%$	Конечная влажность, $W_k, \%$	Категория сушки	Годовой объем сушки, $\text{м}^3/\text{год}$
	толщина	ширина	длина				
Бук	22	150	5000	50	8	II	6000
Пихта	32	100	6500	66	10	II	6000
Осина	40	180	5500	60	10	II	6000
Сосна	50	100	6000	58	8	II	6000

Тип сушильной камеры – Стационарная ЛТА-Соколова-4х штабельная

Режимы сушки – Высокотемпературный (В)

Скорость циркуляции агента сушки через штабель $V_{шт} = 2 \text{ м/с}$

ВАРИАНТ 12

Характеристика материала: доски обрезные

Годовой объем сушки $\Phi = 40000 \text{ м}^3/\text{год}$

Спецификация материала

Порода	Размеры, мм			Начальная влажность, $W_n, \%$	Конечная влажность, $W_k, \%$	Категория сушки	Годовой объем сушки, $\text{м}^3/\text{год}$
	толщина	ширина	длина				
Сосна	32	180	6500	66	10	II	10000
Лиственница	22	120	6000	62	10	II	10000
Пихта	50	200	5500	72	12	II	10000
Кедр	40	150	5000	70	12	II	10000

Тип сушильной камеры – ЦНИИМОД-56 (непрерывного действия)

Режимы сушки – Нормальный (Н)

Скорость циркуляции агента сушки через штабель $V_{шт} = 2 \text{ м/с}$

Содержание курсового проекта

Пояснительная записка

Включает введение, описание сушильной камеры, расчет потребного количества сушильных камер, разработку плана сушильного цеха и описание технологического процесса сушки пиломатериалов.

Графическая часть курсового проекта

1. План проектируемого сушильного цеха.
2. Общий вид сушильной камеры указанной в задании.

Выбор режимов низкотемпературного процесса в камерах периодического и непрерывного действия и высокотемпературного процесса сушки пиломатериалов в камерах периодического действия осуществляется с помощью таблиц в зависимости от породы, толщины и назначения пиломатериалов

Выбор режима низкотемпературного процесса сушки пиломатериалов в камерах периодического действия

Таблица 1

Порода	Категория режима	Толщина пиломатериала, мм							
		До 22	св. 22 до 30	св. 30 до 40	св. 40 до 50	св. 50 до 60	св. 60 до 70	св. 70 до 85	св. 85 до 100
Сосна, ель, пихта, кедр	М	6 – Д	6 – Г	7 – Г	7 – В	7 – В	7 – Г	7 – Г	8 – Б
	Н	2 – Д	3 – Г	3 – В	4 – В	4 – Б	5 – Б	6 – Б	7 – Б
	Ф	1 – Д	1 – Г	1 – В	2 – В	2 – Б	3 – Б	-	-
Лиственница	Н	3 – В	4 – Б	45 – Б	5 – А	6 – А	8 – Б	9 – Б	10 – Б
	Ф	1 – В	2 – Б	3 – Б	3 – А	-	-	-	-
Береза, ольха	М	6 – Д	6 – Г	6 – В	6 – В	7 – В	8 – В	-	-
	Н	3 – Д	4 – Г	4 – В	5 – В	6 – Б	7 – Б	8 – Б	9 – Б
	Ф	2 – Д	3 – Г	3 – В	4 – В	-	-	-	-
Осина, липа, тополь	Н	3 – Г	3 – Б	4 – Б	5 – В	6 – В	7 – В	8 – В	9 – В
	Ф	2 – Г	2 – Б	3 – Б	4 – В	-	-	-	-
Бук, клен	Н	4 – Г	5 – В	6 – В	6 – Б	7 – Б	8 – Б	9 – Б	-
	Ф	2 – Г	3 – В	4 – В	-	-	-	-	-
Дуб, ильм	Н	5 – Г	6 – В	6 – Б	7 – Б	8 – Б	9 – В	9 – Б	-
	Ф	3 – Г	4 – Б	5 – В	-	-	-	-	-
Орех	Н	5 – В	5 – Б	6 – Г	6 – Б	7 – В	8 – В	8 – Б	-
Граб, ясень.	Н	6 – В	6 – А	7 – Б	8 – В	8 – Б	9 – В	10 – В	-

Режимы низкотемпературного процесса сушки пиломатериалов лиственных пород в камерах периодического действия

Таблица 2

Индекс режима	Средняя влажность	Номер режима и параметры (t °C, Δ t °C, φ) сушильного агента																													
		2			3			4			5			6			7			8			9			10					
		t	Δ t	φ	t	Δ t	φ	t	Δ t	φ	t	Δ t	φ	t	Δ t	φ	t	Δ t	φ	t	Δ t	φ	T	Δ t	φ	t	Δ t	φ			
А	>30	82	3	0,88	75	3	0,87	69	3	0,87	63	2	0,91	57	2	0,90	52	2	0,90	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	30-20	87	6	0,78	80	6	0,77	73	6	0,76	67	5	0,78	61	5	0,78	55	4	0,81	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<20	108	27	0,35	100	26	0,35	91	24	0,36	83	22	0,36	77	21	0,36	70	20	0,35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Б	>30	82	4	0,84	75	4	0,84	69	4	0,83	63	3	0,86	57	3	0,85	52	3	0,84	47	2	0,90	42	2	0,89	38	2	0,88			
	30-20	87	8	0,72	80	8	0,70	73	7	0,72	67	6	0,75	61	6	0,74	55	5	0,76	50	5	0,75	45	4	0,79	41	4	0,77			
	<20	108	29	0,32	100	28	0,32	91	25	0,34	83	23	0,34	77	22	0,34	70	21	0,33	62	18	0,36	57	17	0,36	52	16	0,36			
В	>30	82	6	0,77	75	5	0,80	69	5	0,79	63	4	0,82	57	4	0,81	52	4	0,80	47	3	0,84	42	3	0,83	38	3	0,82			
	30-20	87	10	0,66	80	9	0,66	73	8	0,69	67	7	0,71	61	7	0,70	55	7	0,68	50	6	0,70	45	5	0,74	41	5	0,72			
	<20	108	31	0,30	100	29	0,31	91	26	0,33	83	24	0,32	77	23	0,32	70	22	0,31	62	19	0,33	57	18	0,34	52	17	0,33			
Г	>30	82	8	0,71	75	7	0,73	69	6	0,76	63	5	0,78	57	5	0,77	52	5	0,75	47	4	0,79	42	4	0,77	38	4	0,76			
	30-20	87	12	0,60	80	11	0,61	73	10	0,63	67	9	0,64	61	9	0,62	55	8	0,64	5	7	0,66	45	6	0,69	41	6	0,67			
	<20	108	33	0,37	100	31	0,28	91	28	0,30	83	26	0,29	77	25	0,29	70	23	0,29	62	21	0,29	57	20	0,29	52	18	0,30			
Д	>30	82	10	0,65	75	9	0,65	69	8	0,68	63	7	0,70	57	6	0,73	52	6	0,71	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
	30-20	87	14	0,55	80	13	0,55	73	12	0,56	67	11	0,58	61	10	0,59	55	9	0,60	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
	<20	108	35	0,24	100	33	0,25	91	30	0,26	83	27	0,28	77	26	0,27	70	24	0,27	-	-	-	-	-	-	-	-	-			

Режимы высокотемпературного процесса сушки пиломатериалов в камерах периодического действия представлены в таблице № 5, выбор номера высокотемпературного в зависимости от породы и толщины пиломатериалов следует осуществлять по таблице № 6.

Выбор высокотемпературного режима сушки пиломатериалов

Таблица 3

Порода	Толщина пиломатериала, мм				
	До 22	св. 22 до 32	св. 32 до 40	св. 40 до 50	св. 50 до 60
Сосна, ель, пихта, кедр	I	II	III	V	VI
Береза, осина	II	III	IV	VI	-
Лиственница	IV	V	VI	VII	-

Режим высокотемпературного процесса сушки пиломатериалов

Таблица 4

Номер режима	Первая ступень (W>20%)			Вторая ступень (W<20%)		
	t, C	Δt , C	ϕ	t, C	Δt , C	ϕ
I	180	30	0,35	130	30	0,35
II	120	20	0,550	130	30	0,35
II	115	15	0,58	125	25	0,42
IV	112	12	0,65	120	20	0,50
V	110	10	0,69	118	18	0,58
VI	108	8	0,75	115	15	0,58
VII	106	6	0,81	112	12	0,65

Режимы сушки пиломатериалов в противоточных камерах непрерывного действия представлены в таблицах № 5. Номер и индекс режима определяют в зависимости от конечной влажности, толщины и назначения пиломатериалов.

Режим сушки пиломатериалов из древесины сосны, ели, пихты, кедра в противоточных камерах непрерывного действия

Таблица 5

Номер и индекс режима	Средняя влажность пилом-ла	Толщина пилом-ла, мм	Состояние сушильного агента в разгрузочном конце камеры			Максимальная психометрическая влажность Δt_2 в загрузочном конце при начальной влажности пиломатериалов	
			$t_1, ^\circ\text{C}$	$\Delta t_1, ^\circ\text{C}$	φ_1	более 50%	до 50%
<i>Мягкие режимы (М)</i>							
1 М	18 – 22	до 22	55	15	0,40	4	6
2 М	18 – 22	св.22 до 25	55	14	0,44	4	5
3 М	18 – 22	св.25 до 32	55	12	0,50	3	5
4 М	18 – 22	св.32 до 40	55	11	0,53	3	4
5 М	18 – 22	св.40 до 50	55	10	0,57	3	4
6 М	18 – 22	св.50 до 60	55	9	0,60	2	3
7 М	18 – 22	св.60 до 75	55	8	0,64	2	3
8 М	10 – 12	до 22	58	19	0,31	4	6
9 М	10 – 12	св.22 до 25	58	17	0,36	4	5
10 М	10 – 12	св.25 до 32	58	15	0,42	3	5
11 М	10 – 12	св.32 до 40	58	13	0,48	3	4
12 М	10 – 12	св.40 до 50	58	12	0,51	3	4
13 М	10 – 12	св.50 до 60	58	11	0,54	2	3
14 М	10 – 12	св.60 до 75	58	10	0,58	2	2
<i>Нормальные режимы (Н)</i>							
1 Н	18 – 22	до 22	94	25	0,35	7	9
2 Н	18 – 22	св.22 до 25	92	23	0,38	6	9
3 Н	18 – 22	св.25 до 32	89	20	0,43	5	8
4 Н	18 – 22	св.32 до 40	87	18	0,46	5	8
5 Н	18 – 22	св.40 до 50	85	16	0,50	5	8
6 Н	18 – 22	св.50 до 60	83	14	0,54	4	7
7 Н	18 – 22	св.60 до 75	80	11	0,61	4	6
8 Н	10 – 12	до 22	102	33	0,25	7	9
9 Н	10 – 12	св.22 до 25	100	31	0,28	6	9
10 Н	10 – 12	св.25 до 32	97	28	0,31	5	8
11 Н	10 – 12	св.32 до 40	94	25	0,35	5	8
12 Н	10 – 12	св.40 до 50	91	22	0,39	5	8
13 Н	10 – 12	св.50 до 60	87	18	0,46	4	7

14 Н	10 – 12	св.60 до 75	84	15	0,51	4	6
Форсированные режимы (Ф)							
1 Ф.	10 – 12	до 22	112	35	0,26	7	10
2 Ф	10 – 12	св.22 до 25	110	33	0,28	6	10
3 Ф	10 – 12	св.25 до 32	107	30	0,31	5	9
4 Ф	10 – 12	св.32 до 40	104	27	0,34	5	8
5 Ф	10 – 12	св.40 до 50	101	24	0,38	5	8
6 Ф	10 – 12	св.50 до 60	98	21	0,43	4	7
7 Ф	10 – 12	св.60 до 75	95	18	0,48	4	7

Режимы сушки

Таблица 6

Порода	Толщина пилом-ла, мм	Номер и индекс режима	Номер ступени режима	Изменение влажности древесины на каждой ступени, %	Параметры режима		
					t, °C	Δ t, °C	φ
Пример заполнения							
Сосна	40	3 - В	1	80....30	75	5	0,8
			2	30....20	80	9	0,66
			3	20....12	100	29	0,3
Береза	32	4-В	1	60.....30	69	5	0,79
			2	30.....20	73	8	0,69
			3	20.....8	91	26	0,33
и т. д.							

Режимы сушки

Таблица 7

Порода	Толщина пилом-ла, мм	Влажность пилом-ла, %		Номер и индекс режима	Состояние оптимального агента в разгрузочном конце камеры			Прим
		Начальная, W _н	Конечная, W _к		t ₁ , °C	Δ t ₁ , °C	φ ₁	
Пример заполнения								
Сосна	25	50	16	2 – Н	92	23	0,38	
Ель	50	42	18	4 – Н	87	18	0,46	

Расчет продолжительности сушки и оборота камеры

Расчет продолжительности сушки в камерах периодического действия при низкотемпературном процессе

Общая продолжительность сушки фактического и условного материалов, включая начальный прогрев и влаготеплообработку, находится по формуле:

$$\tau_{суш} = \tau_{исх} A_p A_{ц} A_{в} A_{к} A_{q} , ч \quad (1)$$

где

$\tau_{суш}$ – общая продолжительность сушки, ч.;

$\tau_{исх}$ – исходная продолжительность сушки пиломатериалов заданной породы и размеров нормальным режимом от начальной влажности 60% до конечной 22% в камерах с реверсивной циркуляцией средней интенсивности, ч.;

$A_p, A_{ц}, A_{в}, A_{к}, A_{q}$ – коэффициенты, учитывающие категорию режимов сушки A_p , интенсивность циркуляции $A_{ц}$, начальную и конечную влажность $A_{в}$, качество сушки $A_{к}$, длину материала A_{q} .

Значение исходной продолжительности сушки $\tau_{исх}$ (ч) пиломатериалов в камерах периодического действия при низкотемпературном процессе

Таблица 8

Толщина пил-лов, S_1 , мм	Ширина пиломатериалов, S_2 , мм						Толщина пил-лов, мм	Ширина пиломатериалов, S_2 , мм					
	40-50	50-70	80-100	110-130	140-180	>180 и необрезн.		40-50	50-70	80-100	110-130	140-180	>180 и необрезн.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	12	14
сосна, ель, пихта, кедр							лиственница						
до 16	23	25	26	27	27	27	до 16	58	63	64	67	68	68
19	29	31	32	33	33	33	19	68	72	74	77	77	77
22	34	37	39	39	39	40	22	75	80	83	86	87	87
25	45	50	53	54	55	55	25	83	88	91	92	93	94
32	59	63	68	72	73	73	32	94	99	104	108	110	113
40	71	79	84	86	88	88	40	113	129	144	157	166	175
50	-	93	99	100	104	105	50	-	182	224	256	279	304
60	-	103	114	122	125	130	60	-	235	304	361	400	443
70	-	-	147	161	178	194	70	-	-	431	521	585	635
75	-	-	156	177	197	218	75	-	-	466	574	650	737
100	-	-	340	354	370	432	береза, ольха						
осина, липа, тополь													
до 16	29	31	33	34	34	34	до 16	36	37	37	38	39	39
19	36	38	39	40	40	40	19	44	45	47	47	48	48
22	43	45	47	53	54	54	22	50	51	53	54	55	55
25	59	62	64	66	67	68	25	67	73	78	81	83	84
32	73	80	84	88	89	91	32	81	85	88	91	92	94
40	81	87	93	96	99	102	40	93	96	100	101	105	107

50	-	98	109	116	119	123	50	-	115	130	141	149	158
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
60	-	112	128	140	152	164	60	-	155	187	213	231	249
75	-	-	253	282	311	344	75	-	-	377	420	463	514
бук, клен, ясень, ильм, берест							дуб, орех, граб						
до 16	58	59	61	63	63	63	До 16	84	85	85	87	87	88
19	65	68	71	73	73	74	19	88	91	94	95	96	97
22	73	77	80	81	82	83	22	97	101	104	105	106	107
25	91	94	96	99	101	102	25	117	125	132	136	138	140
32	102	109	115	118	120	122	32	146	173	193	206	214	221
40	114	126	140	152	159	167	40	183	234	269	298	307	321
50	-	170	199	225	239	255	50	-	365	431	438	520	551
60	-	25	296	339	367	396	60	-	652	679	777	841	905
75	-	-	591	657	728	805	75	-	-	1086	1209	1340	1483

Значение коэффициента A_p

Таблица 9

Категория режима сушки	Коэффициент A_p
Мягкий	1,7
Нормальный	1,0
Форсированный	0,8

Значение коэффициента A_c в формуле (1) для камер с реверсивной циркуляцией

Таблица 10

Произведение $\tau_{исх} A_p$, ч	Скорость циркуляции U_{mat} , м/с							
	0,2	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5
20	3,14	1,80	1,0	0,73	0,63	0,54	0,49	0,46
40	2,40	1,65	1,0	0,81	0,67	0,59	0,54	0,52
60	2,03	1,58	1,0	0,84	0,71	0,64	0,60	0,58
800	1,76	1,42	1,0	0,85	0,76	0,72	0,68	0,67
100	1,56	1,32	1,0	0,88	0,81	0,79	0,78	0,77
140	1,31	1,15	1,0	0,92	0,91	0,90	0,89	0,88
180	1,15	1,10	1,0	0,96	0,95	0,94	0,93	0,92
220 и более	1,03	1,05	1,0	0,99	0,98	0,97	0,96	0,95

Примечание: при нереверсивной циркуляции табличный коэффициент A_c умножается на 1,1.

Значение коэффициента A_k в формуле (1)

Таблица 11

Категория качеств	I	II	III	0
A_k	1,20	1,15	1,05	1,0

Значение коэффициента A_b в формуле (1)

Таблица 12

Начальная влажность W_n	Конечная влажность W_k											
	22	20	18	16	14	12	11	10	9	8	7	6
120	1,07	1,12	1,18	1,25	1,33	1,43	1,49	1,55	1,61	1,68	1,76	1,86
110	1,00	1,06	1,12	1,20	1,22	1,37	1,43	1,49	1,55	1,62	1,71	1,81
100	0,94	1,00	1,06	1,14	1,22	1,31	1,37	1,43	1,50	1,57	1,65	1,75
90	0,87	0,93	1,00	1,07	1,16	1,25	1,30	1,36	1,43	1,51	1,58	1,68
80	0,80	0,86	0,93	1,00	1,09	1,18	1,23	1,29	1,35	1,43	1,51	1,61
70	0,72	0,78	0,84	0,92	1,00	1,10	1,15	1,21	1,27	1,35	1,43	1,52
65	0,67	0,74	0,80	0,87	0,96	1,05	1,10	1,16	1,23	1,30	1,38	1,48
60	0,62	0,68	0,75	0,82	0,91	1,00	1,05	1,11	1,13	1,25	1,33	1,43
55	0,57	0,63	0,69	0,77	0,85	0,94	1,00	1,06	1,12	1,20	1,28	1,38
50	0,51	0,57	0,63	0,71	0,79	0,89	0,94	1,00	1,06	1,14	1,22	1,32
45	0,44	0,50	0,57	0,64	0,73	0,82	0,87	0,93	1,00	1,07	1,15	1,25
40	0,37	0,43	0,49	0,57	0,65	0,75	0,80	0,86	0,93	1,00	1,08	1,18
35	0,29	0,35	0,43	0,49	0,57	0,66	0,72	0,78	0,84	0,92	1,00	1,10
30	0,19	0,25	0,32	0,39	0,48	0,57	0,62	0,68	0,75	0,82	0,90	1,00
28	0,15	0,21	0,27	0,35	0,43	0,53	0,58	0,64	0,71	0,78	0,86	0,96
26	0,10	0,16	0,23	0,31	0,38	0,48	0,54	0,59	0,66	0,73	0,82	0,91
24	0,06	0,11	0,18	0,27	0,33	0,43	0,49	0,54	0,61	0,68	0,77	0,86
22	-	0,06	0,13	0,22	0,28	0,38	0,43	0,49	0,56	0,63	0,71	0,81
20	-	-	0,07	0,14	0,22	0,32	0,37	0,43	0,50	0,57	0,65	0,75

Расчет продолжительности сушки в камерах периодического действия при высокотемпературном процессе

Общая продолжительность сушки, включая начальный прогрев и влаготеплообработку, находится по формуле:

$$\tau_{суш} = \tau_{исх} A_n A_{ц} A_{в} A_{к} A_{q} \quad , ч \quad (2)$$

где

$\tau_{суш}$ – общая продолжительность сушки, ч.;

$\tau_{исх}$ – исходная продолжительность сушки пиломатериалов заданных размеров стандартным высокотемпературным режимом от начальной влажности 60% до конечной 12% в камерах с реверсивной циркуляцией при скорости $U_{мат} = 2$ м/с, ч.;

$A_n, A_{ц}, A_{в}, A_{к}, A_{q}$ – коэффициенты, учитывающие породу древесины A_n , интенсивность циркуляции $A_{ц}$, начальную и конечную влажность $A_{в}$, качество сушки $A_{к}$, длину материала A_{q} .

Значение приведенных выше величин определяют по таблицам 14-18.

Скорость циркуляции сушильного агента по материалу $U_{мат}$ следует принимать для камер различных типов следующей:

- СПВ-62, СПМ-2К, УЛ-2, ВК-4 – 2,0 -3,0 м/с;
- СКД-2,0 м/с.

Значение исходной продолжительности сушки $\tau_{исх}$ (ч) пиломатериалов в камерах периодического действия при высокотемпературном процессе

Таблица 14

Толщина пиломатериалов, S_1 , мм	Ширина пиломатериалов, S_2 , мм					
	40-50	50-70	80-100	110-130	140-180	>180 и необр.
19	4,9	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
22	5,5	5,7	6,0	6,2	6,4	6,8
25	6,5	7,0	7,4	7,9	8,3	8,8
32	9,5	11,0	11,6	12,5	13,5	14,3
40	14,7	16,2	17,7	19,4	20,4	21,5
50	-	25,5	28,7	32,5	34,5	37,0
60	-	40,0	45,0	52,0	57,3	61,6

Значение коэффициента $A_{ц}$ в формуле (2)

Таблица 15

Скорость циркуляции	$A_{ц}$
1,0	1,40
1,5	1,18
2,0	1,00
2,5	0,85
3,5	0,70

При нереверсивной циркуляции табличные значения $A_{ц}$ умножаются на 1,1.

Значение коэффициента A_n в формуле (2)

Таблица 16

Порода	A_n
Сосна, ель, пихта, кедр	1,0
Осина	1,1
Береза	1,4
Лиственница	4,0

Значение коэффициента A_B в формуле (2)

Таблица 17

Начальная влажность $W_n, \%$	Конечная влажность $W_k, \%$											
	22	20	18	16	14	12	11	10	9	8	7	6
120	1,98	2,01	2,05	2,09	2,14	2,20	2,24	2,29	2,34	2,40	2,47	2,57
110	1,78	1,81	1,85	1,89	1,94	2,00	2,04	2,09	2,14	2,20	2,27	2,37
100	1,58	1,61	1,65	1,69	1,74	1,80	1,84	1,89	1,94	2,00	2,07	2,17
90	1,38	1,41	1,45	1,49	1,54	1,60	1,64	1,69	1,74	1,80	1,87	1,97
80	1,18	1,21	1,25	1,29	1,34	1,40	1,44	1,49	1,54	1,60	1,67	1,77
70	0,98	1,01	1,05	1,09	1,14	1,20	1,24	1,29	1,34	1,40	1,47	1,57
65	0,88	0,91	0,95	0,99	1,04	1,10	1,14	1,19	1,24	1,30	1,37	1,47
60	0,78	0,81	0,85	0,89	0,94	1,00	1,04	1,09	1,14	1,20	1,27	1,37
55	0,68	0,71	0,75	0,79	0,84	0,90	0,94	0,99	1,04	1,10	1,17	1,27
50	0,58	0,61	0,65	0,69	0,74	0,80	0,84	0,89	0,94	1,00	1,07	1,17
45	0,48	0,51	0,55	0,59	0,64	0,70	0,74	0,79	0,84	0,90	0,97	1,07
40	0,38	0,41	0,45	0,49	0,54	0,60	0,64	0,69	0,74	0,80	0,87	0,97
35	0,28	0,31	0,35	0,39	0,44	0,50	0,54	0,59	0,64	0,70	0,77	0,87
30	0,18	0,21	0,25	0,29	0,34	0,40	0,44	0,49	0,54	0,60	0,67	0,77
28	0,14	0,17	0,21	0,25	0,30	0,36	0,40	0,45	0,50	0,56	0,63	0,73
26	0,10	0,13	0,17	0,21	0,26	0,32	0,36	0,41	0,46	0,52	0,59	0,69
24	0,06	0,09	0,13	0,17	0,22	0,28	0,32	0,37	0,42	0,48	0,55	0,65
22	-	0,05	0,09	0,13	0,18	0,24	0,28	0,33	0,38	0,44	0,51	0,61
20	-	-	0,04	0,08	0,13	0,19	0,28	0,28	0,33	0,39	0,46	0,56

Значение A_k в формуле (2)

Таблица 18

Произведение $\tau_{исх} \times A_n \times A_{ц} \times A_{в} \times A_q, ч,$	Толщина $S_1, мм$		Произведение $\tau_{исх} \times A_n \times A_{в} \times A_{ц} \times A_q, ч$	Толщина $S_1, мм$	
	19 - 40	50 - 60		19 - 40	50 - 60
1,0	10,0	13,0	9,0	2,0	2,30
1,5	7,0	9,0	10,0	1,90	2,20
2,0	5,5	7,0	12,0	1,75	2,00
2,5	4,6	5,8	14,0	1,65	1,85
3,0	4,0	5,0	16,0	1,55	1,75
3,5	3,6	4,5	18,0	1,50	1,65
4,0	3,2	4,0	20,0	1,45	1,60
5,0	2,8	3,4	30,0	1,30	1,40
6,0	2,5	3,0	40,0	1,20	1,30
7,0	2,3	2,7	60,0	1,15	1,20
8,0	2,1	2,5	100 и более	1,10	1,12

Примечание. В таблице указаны значения A_k для материала III категории качества. При I и II категориях качества эти значения умножаются на 1,05.

Расчет продолжительности сушки в камерах непрерывного действия

Камеры непрерывного действия делятся на камеры с позонной поперечной циркуляцией и противоточной циркуляцией агента сушки. В камерах с позонной циркуляцией продолжительность сушки определяется по рассмотренной ранее формуле для камер периодического действия при низкотемпературном процессе. Более распространены противоточные камеры непрерывного действия. В противоточных камерах непрерывного действия продолжительность сушки, включая начальный прогрев, находят по формуле

$$\tau_{суш} = \tau_{исх} \times A_n \times A_{ц} \times A_{в} \times A_k, ч, \quad (3)$$

где

$\tau_{исх}$ – исходная продолжительность сушки сосновых пиломатериалов заданных размеров от начальной влажности 60% до конечной влажности 12% в камерах с поперечной штабелевкой, ч. (находим по табл. 20);

$A_n, A_{ц}, A_{в}, A_k$ – коэффициенты, учитывающие породу древесины A_n , интенсивность циркуляции $A_{ц}$, начальную и конечную влажность $A_{в}$, качество сушки A_k . (находим по табл.19-24).

Значение коэффициента A_k в формуле (3)

Таблица 19

Категория качества	I	II	III	0
A_k	1,20	1,15	1,05	1,0

Значение исходной продолжительности сушки $\tau_{исх}$, (ч) пиломатериалов в противоточных камерах непрерывного действия

Таблица 20

Толщина пиломатериалов S_1 , мм	При ширине пиломатериалов S_2 , мм					
	40 – 50	60 – 70	80 – 100	110 – 130	140 – 180	Более 180 и необ.
	Мягкие режимы (М)					
До 16	27	29	31	32	32	33
19	35	39	42	43	45	46
22	42	48	52	53	55	57
25	48	56	62	64	66	68
32	61	72	80	86	90	93
40	72	90	112	121	126	132
50	-	112	133	148	160	169
60	-	130	168	190	201	216
70	-	-	203	237	256	286
75	-	-	220	265	290	319
	Нормальные режимы (Н)					
До 16	16	17	18	18	18	18
19	21	22	24	24	25	26
22	25	28	30	31	32	32
25	29	32	35	37	38	39
32	36	42	46	48	50	52
40	41	51	59	63	65	68
50	-	63	74	81	87	92
60	-	75	90	102	110	118
70	-	-	107	125	136	148
75	-	-	116	138	149	163
	Форсированные режимы (Ф)					
До 16	11	12	11	13	13	13
19	14	15	16	16	17	17
22	17	19	20	21	21	22

25	20	22	24	24	25	27
32	26	30	33	35	36	37
40	32	38	45	48	50	52
50	-	49	57	62	66	70
60	-	59	72	82	86	93
70	-	-	87	100	108	118
75	-	-	94	111	121	132

Значение коэффициента A_n в формуле (3)

Таблица 21

Порода	A_n
Ель, пихта	0,90
Сосна, кедр	1,00
Осина	1,10
Береза	1,45
Лиственница	2,30

Значение коэффициента $A_{ц}$ в формуле (3) для обрезных пиломатериалов

Таблица 22

Толщина пиломатериалов S_1 , мм	С поперечной штабелевкой и прямолинейной циркуляцией				С зигзагообразной циркуляцией				С продольной штабелевкой и прямолинейной циркуляцией	
	Скорость $V_{габ.р.}$, м/с	$A_{ц}$ при режимах			Скорость $V_{габ.р.}$, м/с	$A_{ц}$ при режимах				
		М	Н	Ф		М	Н	Ф	Скорость $V_{габ.р.}$, м/с	$A_{ц}$ при нормальных режимах
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
16	0,6	1,94	2,24	2,80	0,3	2,30	2,60	-	0,9	1,89
	0,8	1,50	1,71	2,40	0,4	1,62	1,88	-	1,0	1,64
	1,0	1,18	1,37	1,97	0,5	1,36	1,44	2,60	1,2	1,32
	1,2	0,97	1,12	1,68	0,6	1,15	1,22	1,99	1,4	1,10
	1,4	0,85	0,95	1,44	0,7	1,00	1,14	1,65	1,6	0,97
	1,6	0,77	0,84	1,26	0,8	0,90	0,91	1,43	2,0	0,79
	2,0	0,71	0,66	0,97	0,9	0,83	0,80	1,27	2,4	0,64
22	0,6	1,77	1,94	2,47	0,2	3,00	-	-	0,9	1,61
	0,8	1,32	1,45	2,03	0,3	1,85	2,20	-	1,0	1,43
	1,0	1,03	1,16	1,68	0,4	1,39	1,60	2,90	1,2	1,17
	1,2	0,88	0,95	1,41	0,5	1,12	1,20	1,86	1,4	1,01
	1,4	0,80	0,81	1,18	0,6	0,97	1,03	1,47	1,6	0,90
	1,6	0,77	0,71	1,01	0,7	0,86	0,90	1,27	2,0	0,73
	2,0	0,72	0,56	0,80	0,8	0,79	0,78	1,13	2,4	0,60

	2,8	0,70	0,48	0,67	0,9	0,75	0,70	1,03	2,8	0,52
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
32	0,6	1,46	1,68	2,20	0,2	2,40	-	-	0,9	1,36
	0,8	1,07	1,27	1,75	0,3	1,48	1,94	2,80	1,0	1,21
	1,0	0,93	1,00	1,40	0,4	1,11	1,32	1,80	1,2	1,04
	1,2	0,88	0,84	1,16	0,5	0,95	1,05	1,39	1,4	0,94
	1,4	0,86	0,75	0,98	0,6	0,86	0,92	1,15	1,6	0,88
	1,6	0,84	0,72	0,90	0,7	0,82	0,84	1,03	2,0	0,80
	2,0	0,80	0,68	0,80	0,8	0,80	0,80	0,94	2,4	0,74
2,8	0,77	0,66	0,76	0,9	0,80	0,76	0,88	2,8	0,69	
40	0,6	1,25	1,58	2,01	0,2	2,00	-	-	0,9	1,27
	0,8	0,99	1,18	1,57	0,3	1,26	1,77	2,40	1,0	1,15
	1,0	0,90	0,96	1,24	0,4	1,01	1,22	1,59	1,2	1,06
	1,2	0,87	0,85	1,04	0,5	0,93	0,97	1,22	1,4	0,93
	1,4	0,85	0,80	0,94	0,6	0,88	0,89	1,06	1,6	0,89
	1,6	0,83	0,76	0,88	0,7	0,85	0,83	0,98	2,0	0,84
	≥2,0	0,82	0,73	0,82	0,8	0,84	0,81	0,92	2,4	0,80
50	0,4	1,63	2,29	2,73	-	-	-	-	-	-
	0,6	1,04	1,50	1,82	0,2	1,65	-	-	0,9	1,17
	0,8	0,92	1,10	1,40	0,3	1,08	1,60	2,00	1,0	1,06
	1,0	0,88	0,93	1,08	0,4	0,94	1,10	1,36	1,2	0,96
	1,2	0,86	0,86	0,96	0,5	1,90	0,91	1,11	1,4	0,92
	1,4	0,85	0,83	0,90	0,6	0,88	0,86	0,99	1,6	0,90
	1,6	0,84	0,80	0,86	0,7	0,88	0,84	0,93	2,0	0,86

	≥2,0	0,83	0,76	0,83	0,8	0,87	0,83	0,88	2,4	0,84
60	0,4	1,22	2,13	2,49	-	-	-	-	-	-
	0,6	0,94	1,40	1,65	0,2	1,35	2,60	2,80	0,9	1,12
	0,8	0,89	1,04	1,27	0,3	0,99	1,45	1,76	1,0	1,03
	1,0	0,86	0,92	1,00	0,4	0,91	1,04	1,26	1,2	0,95
	1,2	0,85	0,89	0,92	0,5	0,89	0,92	1,06	1,4	0,91
	1,4	0,84	0,85	0,89	0,6	0,88	0,88	0,96	1,6	0,90
	1,6	0,84	0,82	0,85	0,7	0,87	0,86	0,91	2,0	0,87
	≥2,0	0,83	0,78	0,83	0,8	0,87	0,86	0,90	2,4	0,85
75	0,2	1,93	3,48	4,48	-	-	-	-	-	-
	0,4	0,99	1,95	2,28	-	-	-	-	-	-
	0,6	0,88	1,27	1,45	0,2	1,06	2,07	2,50	0,9	1,04
	0,8	0,85	0,98	1,11	0,3	0,92	1,23	1,55	1,0	0,98
	1,0	0,85	0,92	0,96	0,4	0,88	1,01	1,13	1,2	0,93
	1,2	0,84	0,90	0,91	0,5	0,88	0,94	0,99	1,4	0,91
	1,4	0,84	0,86	0,88	0,6	0,87	0,91	0,93	1,6	0,90
	1,6	0,84	0,84	0,85	0,7	0,87	0,90	0,90	2,0	0,88
	≥2,0	0,83	0,80	0,84	0,8	0,87	0,89	0,90	2,4	0,86

Значение поправочного коэффициента к величине $A_{ц}$ для необрезных пиломатериалов

Таблица 23

Скорость $V_{габ.р.}$ м/с	Толщина пиломатериалов S_1 (мм) при режимах					
	Мягких			Нормальных и форсированных		
	До 25	32 - 40	50 и более	До 25	32 - 40	50 и более
0,4	0,61	0,74	0,86	0,57	0,57	0,64
0,6	0,68	0,80	0,90	0,63	0,64	0,72
0,8	0,73	0,86	0,93	0,65	0,82	0,82
1,0	0,80	0,91	0,95	0,67	0,76	0,88
1,2	0,84	0,94	0,97	0,72	0,82	0,92
1,4	0,88	0,96	0,98	0,75	0,88	0,95
1,6	0,90	0,97	0,99	0,80	0,91	0,97
2,0	0,95	0,99	1,00	0,85	0,96	1,00
2,8	1,00	1,00	1,00	0,90	0,98	1,00

Значение коэффициента A_B в формуле (3)

Таблица 24

Начальная влажность $W_{н,}$ %	Толщина пиломатериалов S_1 , мм	Нормальные и форсированные режимы					Мягкие режимы		
		Конечная влажность $W_{к,}$ %							
		8	10	12	18	20-22	10-12	18	20-22
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
120	16	2,30	2,23	2,20	2,20	2,20	1,84	1,72	1,65
	19	2,22	2,14	2,09	2,06	2,06	1,70	1,54	1,46
	22	2,14	2,06	2,00	1,96	1,94	1,60	1,41	1,32
	25	2,08	1,99	1,92	1,86	1,83	1,54	1,33	1,23
	32	1,98	1,87	1,78	1,66	1,64	1,46	1,22	1,13
	40	1,91	1,77	1,68	1,52	1,49	1,43	1,18	1,08
	50	1,81	1,68	1,57	1,39	1,32	1,43	1,18	1,08
60 и более	1,69	1,58	1,43	1,19	1,15	1,43	1,18	1,08	
110	16	2,09	2,01	1,99	1,99	1,99	1,70	1,58	1,51
	19	2,03	1,95	1,91	1,87	1,87	1,59	1,43	1,35
	22	1,98	1,89	1,84	1,79	1,71	1,52	1,32	1,23

	25	1,93	1,85	1,77	1,71	1,69	1,46	1,26	1,15
	32	1,86	1,76	1,66	1,55	1,50	1,41	1,17	1,07
	40	1,80	1,68	1,57	1,43	1,39	1,38	1,11	1,03
	50	1,74	1,60	1,50	1,32	1,25	1,38	1,11	1,03
	60 и более	1,61	1,45	1,35	1,12	1,05	1,38	1,11	1,03
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
100	16	1,90	1,85	1,80	1,80	1,80	1,56	1,44	1,37
	19	1,84	1,77	1,72	1,69	1,69	1,48	1,32	1,24
	22	1,80	1,72	1,66	1,61	1,60	1,41	1,22	1,13
	25	1,78	1,69	1,62	1,55	1,53	1,37	1,16	1,06
	32	1,74	1,63	1,54	1,42	1,40	1,33	1,09	1,00
	40	1,70	1,57	1,47	1,32	1,28	1,31	1,06	0,96
	50	1,65	1,52	1,41	1,23	1,16	1,31	1,06	0,96
	60 и более	1,58	1,43	1,32	1,08	1,00	1,31	1,06	0,96
90	16	1,69	1,63	1,59	1,59	1,59	1,42	1,30	1,22
	19	1,66	1,59	1,54	1,50	1,50	1,35	1,19	1,11
90	22	1,64	1,56	1,50	1,44	1,44	1,31	1,12	1,03
	25	1,63	1,55	1,47	1,41	1,39	1,29	1,08	0,97
	32	1,62	1,51	1,42	1,30	1,27	1,26	0,01	0,94
	40	1,59	1,46	1,36	1,22	1,18	1,25	1,00	0,89
	50	1,55	1,42	1,31	1,14	1,07	1,25	1,00	0,89
	60 и более	1,54	1,38	1,28	1,05	0,97	1,25	1,00	0,89
80	16	1,50	1,43	1,40	1,40	1,40	1,28	1,16	1,09
	19	1,49	1,42	1,37	1,34	1,34	1,23	1,07	0,99
	22	1,48	1,40	1,34	1,29	1,28	1,21	1,02	0,93
	25	1,48	1,39	1,32	1,25	1,23	1,20	0,99	0,89
	32	1,48	1,37	1,28	1,18	1,14	1,18	0,94	0,85
	40	1,47	1,35	1,25	1,11	1,06	1,18	0,93	0,83
	50	1,45	1,32	1,21	1,03	0,96	1,18	0,93	0,83
	60 и более	1,44	1,29	1,18	0,95	0,87	1,18	0,93	0,83
70	16	1,31	1,23	1,21	1,20	1,19	1,14	1,02	0,95
	19	1,31	1,22	1,19	1,16	1,14	1,12	0,96	0,88
	22	1,32	1,23	1,17	1,12	1,11	1,01	0,92	0,82
	25	1,32	1,24	1,16	1,10	1,07	1,11	0,90	0,80
	32	1,33	1,22	1,13	1,03	1,00	1,10	0,86	0,77

	40	1,34	1,23	1,12	0,99	0,94	1,10	0,85	0,74
	50	1,35	1,22	1,11	0,93	0,86	1,10	0,85	0,74
	60 и более	1,37	1,22	1,11	0,89	0,80	1,10	0,85	0,74
60	16	1,10	1,03	1,00	1,00	1,00	1,00	0,88	0,81
	19	1,12	1,05	1,00	0,98	0,97	1,00	0,84	0,76
	22	1,14	1,06	1,00	0,95	0,94	1,00	0,81	0,72
	25	1,16	1,07	1,00	0,93	0,91	1,00	0,79	0,69
	32	1,20	1,09	1,00	0,88	0,86	1,00	0,76	0,67
	40	1,23	1,11	1,00	0,85	0,81	1,00	0,75	0,65
	50	1,24	1,11	1,00	0,82	0,75	1,00	0,75	0,65
	60 и более	1,26	1,11	1,00	0,78	0,69	1,00	0,75	0,65
50	16	0,89	0,83	0,79	0,79	0,79	0,86	0,74	0,68
	19	0,91	1,85	0,81	0,78	0,78	0,87	0,71	0,64
	22	0,98	0,89	0,84	0,77	0,77	0,89	0,71	0,60
	25	1,00	0,91	0,84	0,77	0,74	0,89	0,69	0,58
	32	1,05	0,95	0,85	0,74	0,71	0,89	0,65	0,55
	40	1,11	0,99	0,88	0,72	0,68	0,88	0,64	0,54
	50	1,13	0,90	0,89	0,71	0,64	0,88	0,64	0,54
	60 и более	1,15	1,00	0,89	0,66	0,57	0,88	0,64	0,54
40	16	0,69	0,64	0,59	0,59	0,59	0,71	0,59	0,52
	19	0,75	0,67	0,63	0,59	0,59	0,73	0,58	0,50
	22	0,79	0,71	0,65	0,60	0,57	0,75	0,57	0,47
	25	0,83	0,73	0,67	0,60	0,57	0,75	0,54	0,43
	32	0,89	0,80	0,69	0,59	0,56	0,75	0,51	0,42
	40	0,96	0,83	0,73	0,58	0,53	0,74	0,50	0,39
	50	0,99	0,85	0,75	0,57	0,51	0,74	0,50	0,39
	60 и более	1,01	0,86	0,75	0,53	0,48	0,74	0,50	0,39
30	16	0,50	0,43	0,40	0,40	0,40	0,54	0,42	0,35
	19	0,55	0,48	0,43	0,40	0,40	0,56	0,40	0,32
	22	0,59	0,51	0,45	0,40	0,39	0,57	0,38	0,29
	25	0,63	0,54	0,47	0,40	0,38	0,57	0,36	0,26
	32	0,72	0,61	0,52	0,40	0,37	0,57	0,33	0,24
	40	0,78	0,65	0,55	0,40	0,36	0,57	0,32	0,22
	50	0,81	0,68	0,57	0,39	0,32	0,57	0,32	0,22

	60 и более	0,83	0,68	0,57	0,33	0,26	0,57	0,32	0,22
25	16	0,39	0,32	0,29	0,29	-	0,40	0,28	-
	19	0,43	0,36	0,31	0,29	-	0,42	0,26	-
	22	0,48	0,40	0,34	0,29	-	0,44	0,25	-
	25	0,52	0,43	0,36	0,29	-	0,46	0,23	-
	32	0,60	0,49	0,40	0,28	-	0,47	0,23	-
	40	0,66	0,54	0,43	0,28	-	0,47	0,22	-
	50	0,68	0,55	0,44	0,26	-	0,47	0,22	-
	60 и более	0,71	0,56	0,45	0,23	-	0,47	0,22	-
22	16	0,30	0,23	0,20	0,20	-	0,27	0,15	-
	19	0,34	0,27	0,22	0,20	-	0,30	0,14	-
	22	0,38	0,30	0,24	0,19	-	0,31	0,12	-
	25	0,42	1,33	0,26	0,19	-	0,32	0,11	-
	32	0,49	1,38	0,29	0,17	-	0,32	0,08	-
	40	0,53	0,41	0,30	0,15	-	0,32	0,07	-
	50	0,56	0,43	0,32	0,14	-	0,32	0,07	-
	60 и более	0,58	0,43	0,32	0,10	-	0,32	0,07	-

При определении коэффициента A_c необходимо знать расчетную скорость циркуляции в габаритном сечении штабеля $V_{\text{габ.р}}$. Значение $V_{\text{габ.р}}$ следует принимать по таблице (26) в зависимости от типа камер и выбранной категории режима сушки.

Продолжительность оборота камеры при сушке в камерах периодического действия

$$\tau_{\text{об}} = \tau_{\text{суш}} + \tau_{\text{з.р}} \quad (4)$$

где

$\tau_{\text{суш}}$ – продолжительность сушки, суток;

$\tau_{\text{з.р}}$ – продолжительность загрузки и разгрузки камеры принимается равной 0,1 суток при механизированных способах загрузки камеры.

В камерах непрерывного действия, загрузка и разгрузка которых производятся без остановки сушильного процесса, $\tau_{\text{об}} = \tau_{\text{суш}}$.

Результаты расчетов продолжительности сушки и оборота камеры для фактического, указанного в задании, материала целесообразно свести в таблицу.

Расчет продолжительности сушки и оборота камеры

Таблица 25

Характеристика пиломатериалов					Категория качества сушки	Категория режима	$\tau_{\text{числ}}, \text{ч}$	Коэффициенты					$\tau_{\text{суш}}$		$\tau_{\text{об}}$
Порода	Толщина, мм	Ширина, мм	Влажность, %					A_p	$A_{\text{ц}}$	A_k	A_B	A_q	ч	сут	сут
			W_n	W_k											
Пример заполнения															
сосна	40	Разн.	80	12	Ш	Ф	88	0,8	0,68	1,05	1,18	1	59,3	2,5	2,6
береза	32	110	60	8	П	Ф	91	0,8	0,69	1,15	1,25	1	72,2	3,0	3,1

Примечание. Пример заполнения таблицы составлен для сушильной камеры периодического действия при скорости циркуляции агента сушки по материалу 2,0 м/с.

Под условным материалом понимают сосновые обрезные доски толщиной 40 мм, шириной 150 мм, высушиваемые по II категории качества от начальной влажности 60% до конечной 12%.

Перевод объема подлежащих сушке фактических пиломатериалов в объеме условного материала

Объем подлежащих сушке пиломатериалов (Φ_i) переводится в объем условных материалов (Y_i) по формуле

$$Y_i = \Phi_i \times K_q \times K_E, \text{ м}^3 \text{ усл}, \quad (5)$$

где

Φ_i – объем подлежащих сушке фактических пиломатериалов, заданных в спецификации, м^3 ;

K_q – коэффициент продолжительности оборота;

K_E – коэффициент вместимости камеры.

$$K_q = \frac{\tau_{\text{об.ф}}}{\tau_{\text{об.усл}}} \quad (6)$$

где

$\tau_{\text{об.ф}}$ – продолжительность оборота камеры при сушке фактического материала, суток;

$\tau_{\text{об.усл}}$ – продолжительность оборота камеры при сушке условного материала, суток.

Примечание. Для камер с крупногабаритными штабелями на прокладках толщиной 32 мм. $\Pi_{\text{уд}}=22$.

$$K_E = \frac{E_{\text{усл}}}{E_{\text{ф}}} = \frac{\beta_{\text{усл}}}{\beta_{\text{ф}}}, \quad (7)$$

где

$E_{\text{усл}}$ – вместимость (емкость) камеры на условном материале, м³;
 $E_{\text{ф}}$ – вместимость камеры на материале заданной характеристики, м³;
 $\beta_{\text{усл}}$ – объемный коэффициент заполнения штабеля условным материалом;
 $\beta_{\text{ф}}$ – объемный коэффициент заполнения штабеля фактическим материалом.

Нормативные значения объемного коэффициента заполнения штабеля приведены в таблице (30) в зависимости от толщины материала, способа укладки и материала (обрезной, необрезной).

Указанные в таблице (28) значения объемного коэффициента заполнения штабеля определены по формуле:

$$\beta = \beta_{\text{д}} \times \beta_{\text{ш}} \times \beta_{\text{в}} \times \frac{100 - Y_{\text{о}}}{100}, \quad (8)$$

где

$\beta_{\text{д}}$, $\beta_{\text{ш}}$, $\beta_{\text{в}}$ – линейные коэффициенты заполнения штабеля по его длине, ширине, высоте;

$Y_{\text{о}}$ – объемная усушка древесины, учитывающая уменьшение ее объема при высыхании до номинальной влажности товарных пиломатериалов ($W=15\%$), принимается в среднем равной 7%.

$$\beta_{\text{д}} = \frac{L_{\text{CP}}}{L}, \quad (9)$$

В таблице (30) указаны значения объемного коэффициента заполнения штабеля при укладке в штабель пиломатериалов различной длины, т.е. без сортировки по длине ($\beta_{\text{д}} = 0,85$).

Коэффициент заполнения по ширине $\beta_{\text{ш}}$ – отношение суммарной длины пиломатериалов в горизонтальном ряду штабеля к его габаритной ширине. Рекомендуются для расчетов средние значения $\beta_{\text{ш}}$ указаны в таблице (31).

Коэффициент заполнения по высоте $\beta_{\text{в}}$ определяется по выражению:

$$\beta_{\text{в}} = \frac{S}{S + S_{\text{пр}}}, \quad (10)$$

где

S – толщина пиломатериалов;

$S_{\text{пр}}$ – толщина прокладок, обычно равная 25 мм.

Значение коэффициента $\beta_{\text{ш}}$

Таблица 28

Вид пиломатериалов	Способ укладки	
	Без шпаций	Со шпациями
Обрезные	0,90	0,65
Не обрезные	0,60	0,43

Перевод объема фактического пиломатериала в объем условного материала целесообразно представить в виде таблицы (32) ($\tau_{\text{об.ф}}$ определена в таблице).

Перевод объема фактических пиломатериалов в объем условного материала

Таблица 29

Характеристика материала			Продолжит. оборота камеры, сут.		Коэффициенты				Объем пиломатериала, м ³	
порода	Толщина мм	Ширина мм	$\tau_{об.ф}$	$\tau_{об.усл}$	K_{τ}	$\beta_{ф}$	$B_{усл}$	K_E	Заданный Ф	В усл. матер. У
Пример заполнения										
Сосна	40	Разн.	2,6	2,4	1,083	0,292	0,438	1,5	15000	24368
Береза	32	110	3,1	2,4	1,291	0,399	0,438	1,098	7500	10635

Итого
 $\Sigma y = 35003$

$\Sigma \Phi = 22500$

Расчет годовой производительности камеры на условном материале

Нормативная годовая производительность камеры на условном материале рассчитывается по формуле:

$$P_y = \frac{335}{\tau_{об.усл}} \times \beta_{усл} \times \Gamma, \text{ м}^3 \text{ усл} / \text{год}, \quad (11)$$

где

335 – плановая продолжительность работы камер в течение календарного года с учетом необходимости их периодического ремонта, суток;

Γ – габаритный объем всех штабелей в камере, м³.

$$\Gamma = L \times B \times H \times m, \text{ м}^3 \quad (12)$$

где

L, B, H – габаритные размеры штабеля (длина, ширина, высота), м;

m – число штабелей в камере.

Нормативную годовую производительность камеры на условном материале можно определять и по другой формуле

$$P_y = P_{y.уд} \times \Gamma, \text{ м}^3 \text{ усл} / \text{год}, \quad (13)$$

где

$P_{y.уд}$ – нормативная годовая удельная производительность камеры, м³ усл./ (год.м³)

$$P_{y.уд} = \frac{335}{\tau_{об.усл}} \times \beta_{усл}, \quad (14)$$

Значение $P_{y.уд}$ для камер основных типов при использовании прокладок толщиной 25 мм указаны в таблице (28) и в таблице (29).

Расчет потребного количества сушильных камер

Потребное количество камер рассчитывается по формуле

$$n = \frac{\Sigma Y}{\Pi_y}, \quad (15)$$

где

ΣY – общий объем условного материала, подсчитанный в таблице (32), м³ усл;

Π_y – годовая (плановая) производительность одной камеры в условном материале, м³ усл./год.

Принятое количество камер определяется округлением n до ближайшего большего числа целого.

Пример расчета:

$$\Gamma = 6,5 \times 1,8 \times 2,6 \times 4 = 121,6 \text{ м}^3$$

$$\Pi_y = \frac{335}{2,4} \times 0,438 \times 121,6 = 7439 \text{ м}^3 \text{ усл / год}$$

$$n = \frac{35003}{7439} = 4,7$$

Принимаем к строительству 5 четырехштабельных камер.

Пример заполнения таблицы результатов

Таблица 30

	Р _{Б1} кг/м ³	Порода древесины	Р _{Б1} кг/м ³
Береза	500	Лиственница	520
Бук	530	Ольха	420
Граб	630	Орех	520
Дуб	560	Осина	400
Ель	360	Пихта	300
Кедр	350	Сосна	400
Клен	550	Тополь	360
Липа	400	Ясень	540

Разработка плана сушильного цеха

Основой для ориентировочного расчета площади сушильного цеха служит площадь камер, определяемая исходя из конструкции камер (размеров) и их потребного количества, определенного в технологическом расчете, и составляющая в среднем 25% от общей площади цеха (см. табл. 44).

Ориентировочный состав и соотношение площадей участков сушильного цеха

Таблица 31

Наименование участков и помещений	Процент от общей площади цеха	Среднее значение графы 2, %
1	2	3
1. Производственные участки		
Сушильные камеры	18 – 30	25
Траверсные коридоры	10 – 25	23
Помещения для формирования сырых штабелей	5 – 8	6
Склад сырых пиломатериалов (штабелей)	8 – 12	10
Помещение для расформированных сухих штабелей	7 – 10	8
Склад сухих пиломатериалов (остывочное помещение)	10 – 22	17
Коридор управления	2 – 5,5	4
ИТОГО		93
2. Вспомогательные помещения		
Лаборатория цеха (15-25м ²)	-	-
Механическая мастерская (10-20м ²)	-	-
Контора, комната начальника цеха (10-16м ²)	-	-
ИТОГО	2 – 4	3
3. Бытовые помещения		
Комната отдыха Курительная Гардероб Душ, санузел	Размер бытовых помещений находится в зависимости от мощности цеха (количества работающих)	
ИТОГО	3 – 4	4
ВСЕГО		100

Планировка цеха должна обеспечить рациональную организацию всего технологического процесса в цехе, механизацию трудоемких погрузочно-разгрузочных и транспортных операций, соблюдение требований техники безопасности и санитарных норм и т.п. Состав основных участков и помещений цеха зависит от применяемого типа камер, принятых способов и механизмов по формированию и расформированию сушильных штабелей, а также от планируемой механизации транспортных работ и мощности цеха. При разработке плана цеха необходимо добиваться такого взаимного размещения всех участков цеха, которое обеспечит минимальные затраты времени и труда на проведение транспортных и погрузочно-разгрузочных работ. Перечень участков и помещений сушильного цеха и примерное соотношение их площадей указаны в таблице (44). Центральное место на планировке занимает блок сушильных камер, допускается расположение камер в два блока при значительном их количестве. Коридор управления либо вычерчивается полностью на планировке (камеры периодического действия), либо указывается его местонахождение, т.е. лестница, ведущая в этот коридор (камеры непрерывного действия). К коридору управления, как правило, примыкает лаборатория цеха.

Участок формирования сушильных штабелей располагается близко у дверей цеха, через которые завозятся пакеты сырых пиломатериалов, размещаются пакеты прокладок, механизм укладки сушильных штабелей, а

также формируемый пакет или штабель. Изображение этого участка зависит от типа сушильных штабелей (см. рис. 1) и применяемой механизации.

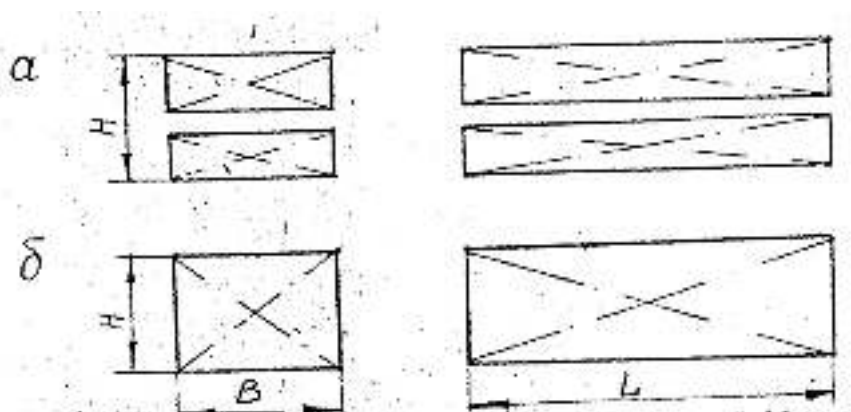


Рис. 1. Типы штабелей:

а – пакетный; б – беспакетный.

Склад сырых пиломатериалов обеспечивает загрузку камер в установленные сроки. Количество штабелей на складе обычно равно суточному запасу пиломатериалов, что составляет 15 – 25 % от количества штабелей во всех камерах, но не менее числа штабелей в одной камере при малом количестве камер.

Емкость склада сухих пиломатериалов (остывочного помещения) обычно рассчитана на хранение двух – четырехсуточного запаса пиломатериалов, что приблизительно соответствует емкости блока камер периодического действия. Для сушильного цеха, оборудованного камерами непрерывного действия, количество штабелей на складе сухих пиломатериалов принимается равным примерно $3/5$ количества штабелей во всех камерах. Конкретная площадь и компоновка этого участка зависят от назначения склада (только как остывочные помещения, а также для буферного запаса), способа хранения (в штабелях или пакетах), вида транспорта и объема сушки.

Участок формирования сушильных штабелей располагается близко к остывочному помещению (складу сухих пиломатериалов). Его изображение зависит от применяемой на разборке штабелей механизации. На предприятиях с небольшой мощностью сушильного цеха (до 7 – 10 тыс. м³ в год) при применении лифта участок расформирования иногда совмещают с участком формирования сушильных штабелей. Это вызывает увеличение протяженности транспортных перевозок, образование встречных грузопотоков, но все – таки оказывается экономически выгодным в связи с увеличением коэффициента загрузки лифта.

Для внутрицеховых перевозок сушильных штабелей используют рельсовый транспорт. Ширина колеи, как правило, 1000 мм. В отдельных случаях (в современных камерах непрерывного действия с поперечной штабелевкой) вместо рельсов используют роликовые шины. Для перемещения штабелей с одной колеи на другую применяют траверсные тележки,

движущиеся вдоль фронта сушильных камер по рельсам, уложенным в специальном углублении, называемом траверсных коридором. Для обслуживания камер с поперечной штабелевкой траверсные тележки делают узкими (2м) и монтируют на них отрезки рельсов или роликовых шин в количестве, соответствующем установленным в камере. В цехе с камерами непрерывного действия предусматривают два траверсных коридора: с загрузочного и разгрузочного концов камер. При разборке плана цеха следует обеспечить возврат освобождающихся подштабельных оснований (вагонеток, треков, поддонов, швеллеров) и прокладок к месту формирования штабелей.

Площадь служебных и бытовых помещений следует определить по данным табл. 44. На планировке цеха служебные и бытовые помещения обычно располагаются рядом. Все указанные участки сушильных цехов, в том числе траверсные коридоры со стороны загрузки камер непрерывного действия, участки формирования штабелей, склады сырых и сухих штабелей, следует размещать в закрытых отапливаемых помещениях с естественным и искусственным освещением и приточно-вытяжной вентиляцией.

Сушильный цех может располагаться в отдельном стоящем здании или в одном здании с цехом раскроя пиломатериалов и механической обработки заготовок.

Вариантов компоновки участков сушильных цехов множество, на рис. 8 представлен вариант планировки сушильного цеха с камерами периодического действия.

Размеры сушильного цеха устанавливаются с учетом стандартных размеров балок, ферм и сетки колонн. Ширина здания цеха может перекрываться стандартными балками или фермами пролетом в 6, 9, 12, 18, 24, 30, 36 м, а также их сочетанием в необходимой последовательности. Длина здания цеха должна быть кратна шагу колонн, т.е. 6 или 12 м. При строительном оформлении здания цеха надлежащим образом размещаются дверные и оконные проемы с учетом противопожарных требований, а также обеспечения необходимой естественной освещенности помещений и рациональной организации технологического процесса. При освещении цеха в дневное время только естественным светом ширина его не должна превышать 24 м, в противном случае кроме основного освещения боковыми окнами предусматривается дополнительное освещение за счет верхних фонарей, располагаемых над траверсным коридором.

Чертеж плана сушильного цеха вычерчивается в масштабах 1:50 или 1:100; 1:200. На чертеже над основной надписью должен располагаться перечень основных помещений и оборудования цеха. На плане цеха следует указать размеры цеха, сетку колонн и привязку оборудования.

Описание технологического процесса сушки

Транспортные и погрузочно-разгрузочные операции. Применяемые механизмы

Следует описать предлагаемые в проекте механизмы для осуществления

Рабочий режим процесса сушки в камерах периодического действия

Таблица 32

Наименование технологического этапа сушки	Влажность древесины в начале и конце этапа, %	Параметры среды		Ориентировочная продолжительность τ , ч
		t , °С	Δt , °	
Начальный прогрев				
Сушка по 1 ступени режима				
Сушка по 2 ступени режима				
Промежуточная влаготеплообработка (ВТО)				
Сушка по 3 ступени режима				
Конечная после конечной				
ВТО				
Кондиционирующая обработка				
Охлаждение материала в камере				

а) Начальный прогрев древесины

Для интенсивного начального прогрева древесины перед сушкой в камере создается высокая степень насыщенности среды при повышенной (по сравнению с первой ступенью режима сушки) температуре.

Температуру среды при прогреве пиломатериалов мягких хвойных пород (сосна, ель, кедр, пихта) поддерживают в зависимости от их толщины и категории режима сушки (см. табл. 46). При прогреве пиломатериалов других пород устанавливают температуру среды выше, чем по первой ступени режима сушки: для лиственницы и твердых лиственных пород на 5⁰С, а для мягких лиственных пород (береза, ольха, осина, тополь, липа) – на 8⁰С, но в обоих случаях не выше 100⁰С.

Рекомендуемая температура при прогреве пиломатериалов мягких хвойных пород

Таблица 33

Категория режима	Температура, °С при толщине пиломатериалов, мм						
	До 22	св. 22 до 32	св. 32 до 40	св. 40 до 50	св. 50 до 60	св. 60 до 75	св. 75 до 100
М	67	67	64	64	63	60	60
Н	98	94	90	85	80	72	63
Ф	100	100	100	100	98	88	-
В	101	101	101	101	101	101	-

Психрометрическую разность при начальном прогреве поддерживают на уровне $\Delta t_{пр} = 0,5-1,5^{\circ}\text{C}$. Древесину прогревают до тех пор, пока разность между температурой среды и температурой в центре доски или заготовки не достигнет 3⁰С.

Ориентировочно длительность начального прогрева определяется из расчета 1 ч на каждый сантиметр толщины материала.

Во время прогрева в камеру подают пар через увлажнительные трубы при включенных калориферах, работающих вентиляторах и закрытых приточно-вытяжных каналах. На прогрев древесины расходуется много пара, поэтому проводить начальный прогрев одновременно во многих камерах сушильного блока не рекомендуется.

б) Сушка до переходной влажности 20% (25% при сушке нормальными и форсированными режимами пиломатериалов хвойных пород).

После прогрева древесины осуществляется ее сушка. В соответствии с выбранными режимами сушки заданных материалов укажите параметры сушильного агента (t , Δt) на первой и второй ступени режима низкотемпературного процесса и только на первой ступени высокотемпературного режима сушки (см. табл.7).

в) Промежуточная влаготеплообработка проводится для уменьшения внутренних напряжений, возникающих в древесине при сушке. Промежуточной влаготеплообработке подвергают пиломатериалы повышенных толщин (отмеченные в табл. 47 значком «х») при переходе со второй на третью ступень режима низкотемпературного процесса сушки или с первой на вторую ступень режима высокотемпературного процесса. Во время этой обработки температура среды поддерживается на 8°C выше температуры предшествующей ступени режима, но не должна превышать 100°C , а психрометрическая разность устанавливается равной $1,5 - 2^{\circ}\text{C}$.

Продолжительность промежуточной влаготеплообработки принимается равной 1/3 общего времени конечной и промежуточной обработок, указанного в табл. 34. Если в спецификации есть материалы, для которых должна проводиться промежуточная влаготеплообработка, то определите ее параметры и ориентировочную продолжительность.

Ориентировочная общая продолжительность влаготеплообработок

Таблица 34

Толщина пиломатериалов, мм	Продолжительность влаготеплообработок, ч				
	Сосна, ель, пихта, осина, тополь, кедр, липа	Береза, ольха	Лиственница	Бук, клен	Дуб, ильм, орех, граб, ясень
До 22	1,5	2	3	3,5	4
Св. 22 до 32	2	3	4	5	6
Св. 32 до 40	3	6	8	10	12 ^x
Св. 40 до 50	6	12	14 ^x	16 ^x	20 ^x
Св. 50 до 60	9	18 ^x	21 ^x	24 ^x	30 ^x
Св. 60 до 75	14 ^x	30 ^x	35 ^x	40 ^x	50 ^x
Св. 75	24 ^x	60 ^x	65 ^x	70 ^x	80 ^x

г) Сушка до конечной влажности производится при параметрах последней ступени режима сушки. Укажите параметры (t , Δt) последней ступени режима сушки, в соответствии с выбранными режимами (см. табл.7).

д) Конечная влаготеплообработка проводится с целью снятия или уменьшения остаточных внутренних напряжений. Конечной влаготеплообработки подвергают пиломатериалы, высушиваемые по I и II категориям качества. При применении высокотемпературных режимов сушки и при сушке пиломатериалов твердых листовых пород и листовницы независимо от назначения древесины проведения конечной влаготеплообработки обязательно в целях предупреждения внутренних трещин.

Во время конечной обработки температура среды поддерживается на 8°C выше температуры на последней ступени режима, но не выше 100°C . Психрометрическая разность устанавливается равной $0,5 - 1^{\circ}\text{C}$. Продолжительность конечной влаготеплообработки принимается по таблице 47. При необходимости проведения промежуточной влаготеплообработки, на конечную обработку используется $2/3$ общего времени, указанного в табл. 34.

Пиломатериалы, высушиваемые высокотемпературными режимами, охлаждают перед влаготеплообработкой до $95 - 100^{\circ}\text{C}$, для чего открывают приточно-вытяжные каналы и при необходимости двери камер при работающих вентиляторах.

Укажите параметры конечной влаготеплообработки заданных материалов и ориентировочную продолжительность.

е) Подсушка после конечной влаготеплообработки

После конечной влаготеплообработки пиломатериалы выдерживают в камере при психрометрической разности последней ступени режима сушки в течение 2-3 часов для подсушки поверхности.

ж) Кондиционирующая обработка.

Кондиционирующую обработку проводят в обязательном порядке для пиломатериалов I категории качества для выравнивания влажности древесины по объему штабеля и по толщине пиломатериалов, для чего в камере поддерживают такое состояние среды, при котором недосушенные сортименты подсыхают, а пересушенные увлажняются. Во время кондиционирующей обработки температура среды устанавливается равной температуре на последней ступени режима, но не выше 100°C , а степень насыщенности должна соответствовать (по диаграмме равновесной влажности [1], с 44) средней заданной конечной влажности древесины, увеличенной на 1%. Продолжительность кондиционирующей обработки ориентировочно равна половине продолжительности конечной влаготеплообработки. Если в цехе высушивается какой-либо материал по I категории качества, определите параметры кондиционирующей обработки этого материала.

з) Охлаждение материала в камере. Охлаждение материала в камере до $30 - 40^{\circ}\text{C}$ проводят при открытых приточно-вытяжных каналах и неработающих вентиляторах, подачу пара в калориферы прекращают, двери полуоткрывают. Ориентировочная продолжительность охлаждения составляет 1 час на каждый сантиметр толщины материала. Выкатка из камеры неостывших штабелей не

допускается. Укажите продолжительность охлаждения высушенных пиломатериалов (заготовок).

Требования к качеству сушки

В соответствие с указанным в задании назначением высушиваемых материалов установлена категория качества сушки.

В зависимости от требований установлены четыре категории качества сушки:

- первая (I) категория – сушка пиломатериалов до эксплуатационной влажности, обеспечивающая особо точную механическую обработку и сборку деталей и узлов наиболее квалифицированных изделий (музыкальные инструменты, точные приборы, спортивный инвентарь и т.п.);
- вторая (II) категория – сушка до эксплуатационной влажности, обеспечивающая точную механическую обработку деталей и узлов квалифицированных изделий (мебель, столярно-строительные изделия и т.п.);
- третья (III) категория – сушка до эксплуатационной влажности пиломатериалов для менее квалифицированных изделий деревообработки (тара, товарные вагоны, строительный погонаж и т.п.);
- нулевая (0) категория – сушка товарных пиломатериалов до транспортной влажности.

Нормы показателей качества сушки пиломатериалов и заготовок приведены в табл. 49.

Необходимо установить значения показателей качества для указанных в задании пиломатериалов (заготовок).

Значение средней конечной влажности укажите в соответствии с технологическим расчетом.

Методы контроля показателей качества изложены [2].

К показателям качества сушки относятся также пересортица (величина перехода пиломатериалов после сушки из более высоких в более низкие сорта) и неисправимые дефекты (брак) в результате коробления и растрескивания древесины.

Следует иметь в виду, что указанные видимые дефекты сушки (коробление и растрескивание) необходимо предотвращать при сушке пиломатериалов (заготовок) любого назначения.

Нормы показателей качества сушки пиломатериалов и заготовок

Таблица 35

Показатели качества сушки	Категории качества			
	I	II	III	O
Средняя конечная влажность пиломатериалов или заготовок в штабеле, % при толщине пиломатериалов, мм: 32 и менее 38-50 свыше 50	7-10	7-15	10-15	16 18 20
Отклонения влажности отдельных досок (заготовок) от средней влажности штабеля в % не более при толщине пиломатериалов, мм: 32 и менее 38-50 свыше 50	±2	±3	±4	±6 ±4 ±2,5
Среднее квадратичное отклонение влажности S, % при толщине пиломатериалов, мм: 32 и менее 30-50 свыше 50	±1,0	±1,0	2	±3 ±2 ± 1,25
Перепад влажности по толщине пиломатериалов (заготовок) в % не более при толщине, мм: 13-22 25-40 45-60 70-90	1,5 2,0 2,5 3,0	2,0 3,0 3,5 4,0	2,5 3,5 4,0 5,0	не контролируется

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Акишенков, С. И. Гидротермическая обработка и консервирование древесины: учебное пособие / С. И. Акишенков, В. И. Корнеев, А. М. Артеменков. – СПб.: СПбГЛТУ, 2013. – 68 с.
2. Расев, А. И. Тепловая обработка и сушка древесины: учебник для вузов / А. И. Расев. М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2009. 360 с. Дополнительная
3. Серговский, П. С. Гидротермическая обработка и консервирование древесины: учебник для вузов / П. С. Серговский, А. И. Расев. М.: Лесная промышленность, 1987. 360 с.
4. Чудинов, Б. С. Теория тепловой обработки древесины / Б. С. Чудинов. М.: Лесная промышленность, 1968. 255 с.
5. Лыков, А. В. Теория теплопроводности / А. В. Лыков. М.: Энергия, 1967. 600 с.
6. Лыков, А. В. Теория сушки / А. В. Лыков. М.: Энергия, 1968. 472 с.
7. Уголев, Б. Н. Деформативность древесины и напряжения при сушке / Б. Н. Уголев. М.: Лесная промышленность, 1971. 384 с.
8. Шубин, Г. С. Сушка и тепловая обработка древесины / Г. С. Шубин. М.: Лесная промышленность, 1990. 360 с.
9. Соколов, П. В. Проектирование сушильных и нагревательных установок для древесины / П. В. Соколов. М.: Лесная промышленность, 1965. 331 с.
10. Сергеев, В. В. Повышение эффективности сушки пиломатериалов: монография / В. В. Сергеев, Ю. И. Тракало. Екатеринбург: УГЛТУ, 2005. 225 с.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова»
Факультет среднего профессионального образования

КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

по дисциплине

ОП.06 Гидротермическая обработка и консервирование древесины

Тема: Расчет производительности сушильных камер периодического и непрерывного действия при заданных режимах сушки, породах и размерах древесины

Выполнил студент _____
подпись

Ф.И.О.

Специальность: 35.02.03 «Технология деревообработки»

Очная форма обучения

Группа:

Руководитель:
преподаватель

подпись

Русакова Л.Н.

2019 г.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
 высшего образования
 «Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова»
 Факультет среднего профессионального образования

ЗАДАНИЕ
на выполнение курсового проекта

Студенту _____

Очное отделение, специальность 35.02.03 «Технология деревообработки»
 группа Д-111

Тема Расчет производительности сушильных камер периодического и непрерывного действия при заданных режимах сушки, породах и размерах древесины

ВАРИАНТ 4

Характеристика материала: доски обрезные

Годовой объем сушки $\Phi = 20000$ м³/год

Спецификация материала

Порода	Размеры, мм			Начальная влажность, W _н , %	Конечная влажность, W _к , %	Категория сушки	Годовой объем сушки, м ³ /год
	толщина	ширина	длина				
Сосна	32	100	6500	64	10	II	5000
Ель	40	150	5500	70	10	II	5000
Дуб	22	180	6500	50	8	II	5000
Осина	50	200	5000	60	8	II	5000

Тип сушильной камеры - Стационарная ЛТА Соколова-4х штабельная

Режимы сушки – Высокотемпературный (В)

Скорость циркуляции агента сушки через штабель $V_{шт} = 2$ м/с

Руководитель курсового проекта _____ Русакова Л.Н.

Дата выдачи задания «___» _____ 20__ г.

Задание получил _____

Дата представления работы «___» _____ 20__ г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

1	Цели и задачи курсового проекта	3
2	Организация выполнения курсового проекта	3
3	Требования к структуре курсового проекта	5
4	Оформление курсового проекта	6
5	Порядок хранения и использования курсовых проектов	9
6	Методические указания к выполнению курсового проекта и варианты проекта	10
	Приложение А «Титульный лист»	50
	Приложение Б «Задание на курсовой проект»	51