Министерство образования и науки Российской Федерации
Сибирский государственный аэрокосмический университет
имени академика М. Ф. Решетнева

ЛЕСНОЙ И ХИМИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКСЫ – ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ

Сборник материалов по итогам Всероссийской
научно-практической конференции
(9 декабря 2016 г., Красноярск)

В 2 томах

Том 1

Красноярск 2016

Министерство образования и науки Российской Федерации
Сибирский государственный аэрокосмический университет
имени академика М. Ф. Решетнева

ЛЕСНОЙ И ХИМИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКСЫ – ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ

Сборник материалов по итогам Всероссийской
научно-практической конференции
(9 декабря 2016 г., Красноярск)

В 2 томах

Том 1

Красноярск 2016

© Сибирский государственный аэрокосмический университет
имени академика М. Ф. Решетнева, 2016

УДК 630*86
ББК 35.76
Л50

Редакционная коллегия:
Ковалев И. В. – д-р техн. наук, профессор, ректор СибГАУ
Логинов Ю. Ю. – д-р физ-мат. наук, проректор по научной и инновационной деятельности СибГАУ
Субоч Г. А. – д-р хим. наук, директор института химических технологий СибГАУ
Лобанов В. В. – канд. тех. наук, директор института лесных технологий СибГАУ
Немич В. Н. – канд. с.-х. наук, директор НИУ СибГАУ
Шевелев С. Л. – д-р с.-х. наук, профессор СибГАУ
Матвеева Р. Н. – д-р с.-х. наук, профессор СибГАУ
Мелешко А. В. – канд. техн. наук, доцент СибГАУ
Полетайкин В. Ф. – д-р техн. наук, профессор СибГАУ
Рязанова Т. В. – д-р хим. наук, профессор СибГАУ
Алашкевич Ю. Д. – д-р тех. наук, профессор СибГАУ
Левшина В. В. – д-р техн. наук, профессор СибГАУ
Доррер Г. А. – д-р техн. наук, профессор СибГАУ
Аксеновская Н. А. – канд. техн. наук, доцент СибГАУ
Товбис М. С. – д-р хим. наук, профессор СибГАУ
Рудакова Г. М. – канд. физ-мат. наук, профессор СибГАУ
Фабинский П. В. – д-р хим. наук, профессор СибГАУ
Коротков А. А. – отв. за выпуск

Л50 **Лесной и химический комплексы – проблемы и решения** [Электронный ресурс] : сб. материалов по итогам Всерос. науч.-практ. конф. (9 декабря 2016 г., Красноярск) : в 2 т. Т. 1. – Электрон. текстовые дан. (1 файл: 7,15 МБ). – Систем. требования : Internet Explorer; Acrobat Reader 7.0 (или аналогичный продукт для чтения файлов формата .pdf) ; Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т. – Красноярск, 2016. – Режим доступа: http://www.sibsau.ru/index.php/nauka-i-innovatsii/izdatelskaya-deyatelnost/materialy-nauchnykh-meropriyatij. – Загл. с экрана.

Представлены статьи по актуальным проблемам развития лесного и химического комплексов.

Материалы публикуются на языке оригинала, в статьях сохранен авторский стиль изложения. При использовании научных идей и материалов этого сборника, ссылки на авторов и издания являются обязательными.

Предназначен для студентов, магистрантов, аспирантов, преподавателей и специалистов лесного и химического комплексов.

Информация для пользователя: в программе просмотра навигация осуществляется с помощью панели закладок слева; содержание в файле активное.

УДК 630*86
ББК 35.76

Подписано к использованию: 09.12.2016. Объем: 7,15 МБ. С 226//16.

Макет и компьютерная верстка *Л. В. Звонаревой, М. А. Светлаковой*

Редакционно-издательский отдел Сиб. гос. аэрокосмич. ун-та.
660037, г. Красноярск, просп. им. газ. «Красноярский рабочий», 31.
E-mail: rio@sibsau.ru. Тел. (391) 201-50-99

УДК 581.34:582.475.2

Л.И. Романова

ВЛИЯНИЕ ПОТЕПЛЕНИЯ КЛИМАТА НА РЕПРОДУКТИВНЫЕ ПРОЦЕССЫ У ЛИСТВЕННИЦЫ СИБИРСКОЙ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М.Ф. Решетнева»
г. Красноярск

Исследование процессов микроспорогенеза у лиственницы сибирской показало, что в условиях теплой осени и частых оттепелях зимой, происходит нарушение зимнего покоя у этого вида, что приводит к негативным изменениям в процессе мейотических делений и может являться причиной стерильности пыльцы и отражаться на качестве семян

Развитие мужских генеративных органов у лиственницы сибирской тесно связано с температурой воздуха.

Проведенные исследования мужских генеративных побегов у лиственницы сибирской показали, что в окрестностях г. Красноярска в период продолжительной и теплой осени микроспороциты уходят в зиму на стадии диакинеза – более продвинутой стадии профазы I. Зимой, при частых оттепелях, от 0 до $+3^0$С микростробилы лиственницы сибирской претерпевают изменения: они увеличиваются в размерах и приобретают желтый цвет.

Цитологический анализ микростробилов показал, что в них идут редукционные деления и образуются деградирующие диады и тетрады микроспор, а также редуцированные пыльцевые зерна. Массовое образование деградирующих диад и тетрад в зимний период при оттепелях, приводит к тому, что весной лиственница пылит очень слабо или вообще не продуцирует пыльцу.

Кроме того, при внесении веток лиственницы зимой в тепло и погружении их в воду в течение двух недель происходило появление брахибластов, достигающих длины в среднем 0,5- 0,7 см. В этих же условиях наблюдалось высыпание одноклеточной пыльцы из микростробилов. При хранении веток лиственницы с мужскими генеративными почками в условиях холодильной камеры при температуре 0 $+4^0$С, в течение двух недель также проходили процессы редукционного деления, и наблюдалось формирование пыльцевых зерен. При низких положительных температурах у лиственницы происходит рост хвои, и возобновляются мейотические деления и формировались одноклеточные пыльцевые зерна.

Таким образом, у вегетативных и генеративных органов лиственницы сибирской отсутствует органический покой в осенне-зимний период и при низких плюсовых температурах они способны продолжать свое развитие. Это можно видеть как в природе, так и при постановке эксперимента.

Отсутствие у лиственницы органического покоя и нормальных покровов в осенне-зимний период приводит к тому, что при низких отрицательных температурах происходит массовая гибель микроспор и, как следствие, гаметогенез выпадает из цикла развития, что в свою очередь, оказывает негативное влияние на процесс опыления семяпочек и формирование урожая у лиственниц. На основании проведенных

исследований можно заключить, что, редкие семенные годы у лиственниц обусловлены погодными условиями в период формирования пыльцы.

Таким образом, формирование пыльцы у лиственницы сибирской в условиях изменившегося в последние годы климата имело свои особенности. Ранний мейоз, большое количество нарушений в процессе мейотических делений и формирования гаметофитов привело к образованию стерильной пыльцы, слабому пылению и, как следствие, к слабому (или полному отсутствию) урожая шишек и семян.

Библиографический список:

1 Круклис, М.В. Мейоз и формирование пыльцы у лиственницы Чекановского(Larix czekanowsckii Sz.) / М.В. Круклис // Изменчивость древесных растений Сибири. - Красноярск, 1974. - С. 20-34.
2 Романова, Л.И. Особенности микроспорогенеа у лиственницы сибирской, растущей в условиях техногенного стресса / Л.И. Романова, И.Н. Третьякова // Онтогенез. - 2005. - № 2. - С. 128-133.

УДК 630.32

А.А. Вайс
И.А. Воробьева

ВЛИЯНИЕ ТАКСАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАСАЖДЕНИЙ НА СТЕПЕНЬ ЗАКОМЕЛИСТОСТИ ДЕРЕВЬЕВ СОСНЫ В УСЛОВИЯХ ЮГО-ВОСТОЧНОГО МАКРОСКЛОНА ВОСТОЧНОГО САЯНА

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М.Ф. Решетнева»
г. Красноярск

В статье была поставлена задача выяснить виляние таксационных характеристик на степень закомелистости деревьев сосны. Выявлены связи таксационных показателей с закомелистостью ствола.

Закомелистость деревьев влияет на формирование комлевой части ствола, это во многом определяет форму продольного сечения.

Пробные площади были заложены в Караульном и Бирюсинском лесничествах. Насаждения произрастают в данных лесничествах на южных склонах и почвах, относимых к генетическому типу дерново-подзолистых, по мехсоставу – легкосуглинистые и среднесуглинистые. Тип леса в основном осочково-разнотравный и спирейно-осочковый, т.е. относятся к разнотравной группе типов леса. Породный состав в районах исследований различен. В Караульном лесничества это сосновые насаждения с участием березы. В Бирюсинском лесничестве это смешанный состав, представленный сосной, пихтой, кедром, елью и осиной. В таблице 1 приведены фрагмент таксационных характеристик пробных площадей.

Были построены графики зависимостей $д_{1,3}$-$д_{п}$ от таксационных показателей (полнота, бонитет, возраст, склон, тип леса и средний диаметр) (рисунок 1) и выявлены следующие тенденции (таблица 2)

И сделаны следующие выводы, что для всех пробных площадей характерно уменьшение разности с увеличение крутизны и увеличение разности с ростом среднего диаметра.

Таблица 1 – Таксационные характеристики пробных площадей

Квар-тал	Выд ел	Сос-тав	Возраст , лет	$H_{ср}$, м	$D_{ср}$, см	Бони-тет	Тип леса	Полно та	Склон	Почвы
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Караулка										
40	5	8С2Б	60	С 16 Б 18	16 20	3	СПОС	0,6	ЮЗ-25	светлая и тем-но-серая лес-ная, легкосуг-линистая, су-хая, мало-мощная
40	6	7С3Б	65	С 20 Б 22	20 22	2	ОСРТ	0,9	Ю-15	слабо-средне-подзолистая, легкосуглинис-тая, свежая, среднемощная
Бирюса										
23	14	6С2Е 1П1Б	55	11	12	4	ЛШЗМ	0,6	ЮЗ-32	дерново-сред-не-подзолис-тая, щебенис-тая легкосугли-нистая, сухая, маломощная
23	16	6С3Е 1П	95	25	28	2	ОСРТ	0,8	ЮВ-6	дерново слабо-средне-подзо-листая, легкосуг-линистая, свежая, среднемощная

Таблица 2 – Зависимость $д_{1,3}$-$д_п$ от таксационных показателей

Караулка 1	Караулка 2	Бирюса
1. разность умень-шается с увеличением возраста, крутизны склона и с возрас-танием влажности условий произрас-тания; 2. с увеличением сред-него диаметра разность увеличивается	1. разность умень-шается с увеличе-нием крутизны склона и ростом полноты 2. с увеличением среднего диаметра разность увеличивается	1. разность уменьшается с возрастанием влаж-ности условий произ-растания, с ухудшением условий место произрас-тания и с увеличения крутизны склона; 2. с увеличением сред-него диаметра разность увеличивается

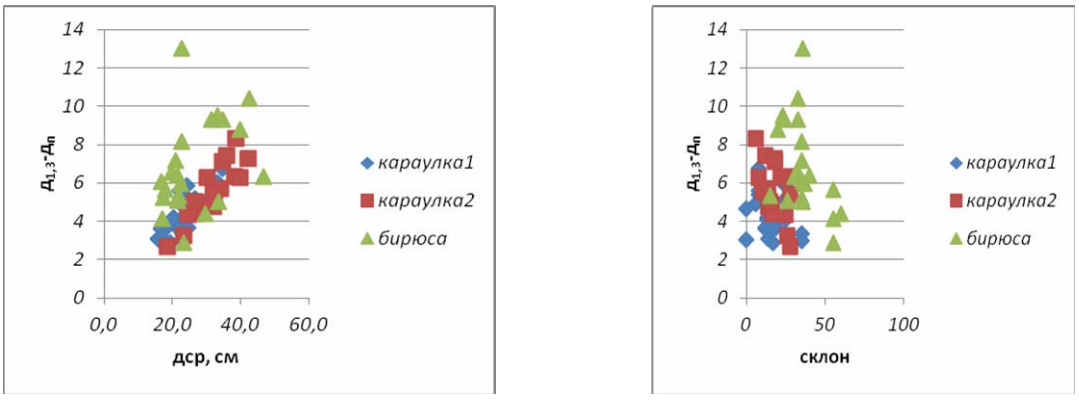


Рисунок 1 – Графики зависимостей $д_{1,3}$-$д_п$ от таксационных показателей (фрагмент)

Проведя анализ зависимости соотношения $д_{1,3}/д_п$ от таксационных показателей (рисунок 2) были выявлены следующие тенденции: для пробных площадей Караулка2 и

Бирюса высокая вариабельность признака; на пп Караулка1 с увеличение возраста и влажности условий произрастания наблюдается рост соотношений.

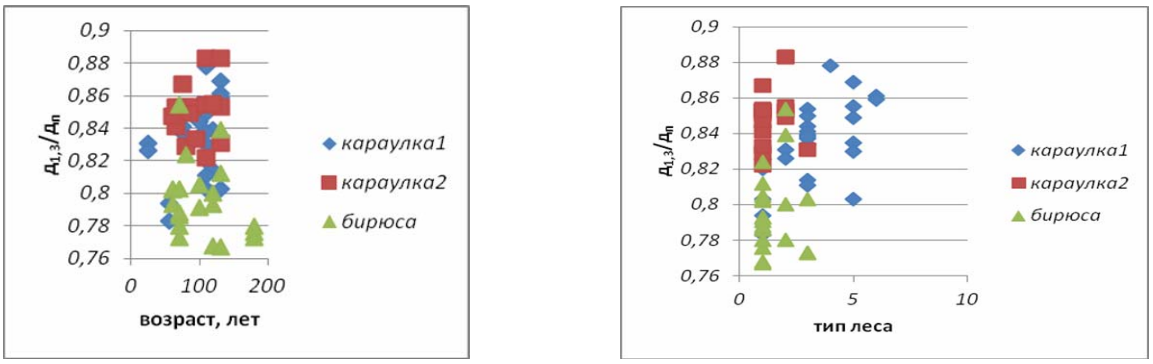


Рисунок 2 –Графики зависимостей $д_{1,3}/д_п$ от таксационных показателей (фрагмент)

Проведенные исследования выявили наличие связи таксационных показателей с закомелистостью стволов, что в дальнейшем позволяет разработать модель формообразования.

УДК 631.34

А.С. Коновалов
В.Н. Коршун

ВНУТРИКОРНЕВОЙ ПОЛИВ ДЕРЕВЬЕВ

КГБ ПОУ «Дивногорский техникум лесных технологий»
г. Дивногорск

В статье дается анализ существующих технологий полива деревьев. Приводится описание инъектора для прикорневого полива деревьев. Описывается гидравлическая схема устройства.

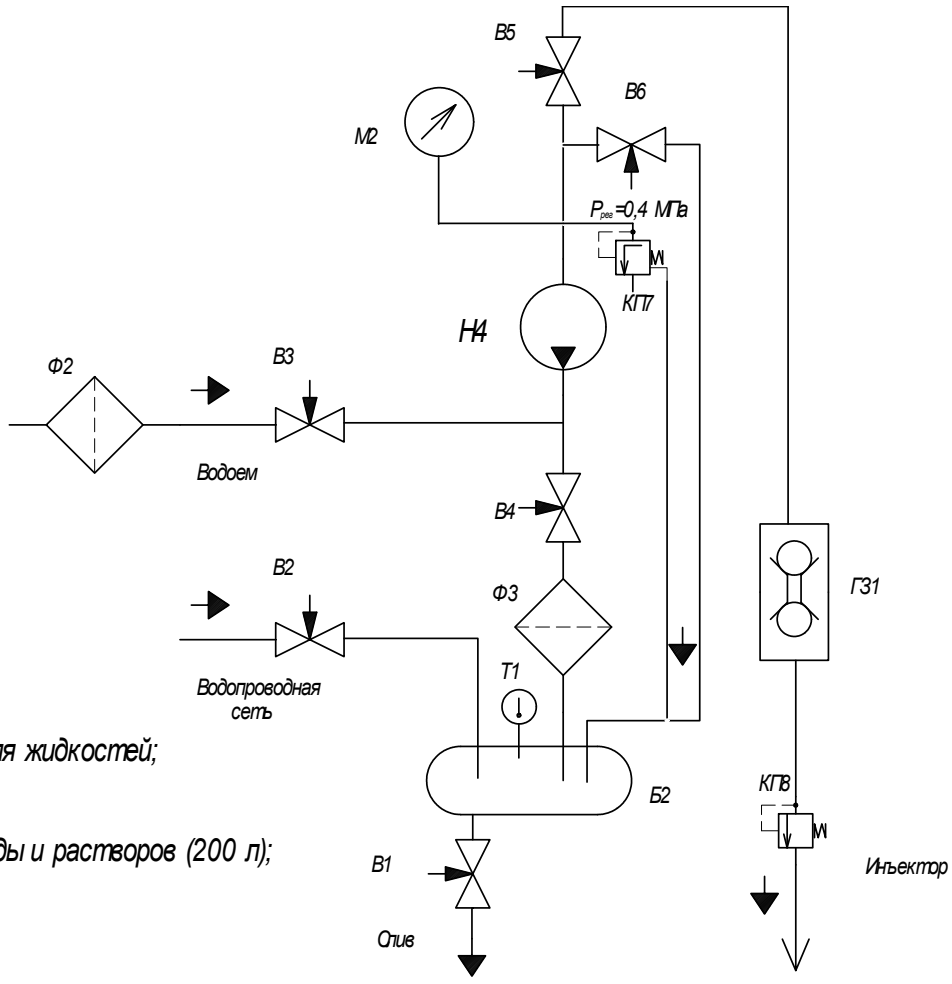
Почва в садах, парках, лесопарках имеет свои агротехнические особенности, и, прежде всего, они переуплотнены вследствие антропогенной и техногенной нагрузки. Это ведет к угнетению деревьев, нарушению водно-воздушного режима, замедлению роста, снижению эстетических и декоративных функций зеленых насаждений. Поверхностный полив в таких условиях является неэффективным и ведет к перерасходу воды [1].

Анализ показывает, что для полива растений в садах и парках используются поливомоечные машины. Возможны следующие схемы полива: шлангами, подключенными к водопроводной сети от расположенных рядом домов, устройством летнего поливочного водопровода, системой гидробуров на базе поливомоечной машины. Полив с помощью гидробура, разработанного АКХ им. Памфилова, складывается из двух этапов: заглубление иглы гидробура и насыщение корнеобитаемого слоя жидкостью. Заглубление гидробура - 30-60 см, 9-12 "уколов" на один приствольный круг. Время одного "укола" - 30 сек., давление жидкости - 210-410 Па (2 - 4 атм.). После завершения обработки корневой системы дерева машина перемещается. Аналогично производится полив с помощью гидробуров, которые

заглубляются в почву и работают под давлением 2-3 атм. Часто вместе с поливом производится подкорка.

Существующие машины не обеспечивают необходимую глубину заглубление гидробура. Она должна быть намного глубже, чтобы питательные и лечебные растворы попали в корневую систему деревьев. В поливомоечной машине «Крона» заглубление гидробура осуществляется вручную. Для выполнения работ необходим специальный рабочий, осуществляющий прокол почвы [2]. При ручном проколе глубина полива не превышает 0,7 м.

Разработанная машина включает в себя самоходное шасси ВТЗ-30СШ, на которое установлен манипулятор от сельскохозяйственного погрузчика ПГ-0,2, с которого снят вилочный грейферный захват, а вместо него устанавливается разработанный инъектор. Дополнительно на раме установлена емкость для воды и растворов, монтируется водопроводная аппаратура. На рисунке 1 показана гидравлическая схема рабочего оборудования.



В1-В6 - вентили;
Ф2-Ф3 - фильтры для жидкостей;
ГЗ1- гидрозамок
П3 - насос водяной!
Б2 - емкость для воды и растворов (200 л);

Рисунок 1 – Гидравлическая схема рабочего оборудования

При выполнении рабочего процесса (инъектировании жидких растворов) вентили В2, В3 и В6 закрываются. Открываются вентили В4, В5. Включается ВОМ трактора и начинает работать водяной насос Н3. Рабочая жидкость из емкости Б2 через фильтр Ф3 насосом Н3 подается в магистраль и через ГЗ1 гидрозамок на инъектор. При достижении давления 0,2 МПа клапан КП8 открывается и жидкость поступает на иглу инъектора и инъектируется в почву. Игла должна быть к этому моменту заглублена. При понижении давления менее 0,2 МПа, клапан КП8 закрывается, тем самым

устраняется подтекание жидкости при выглублении иглы из почвы. При достижении давления жидкости на инъекторе до 0,4 МПа, например при его забивке, срабатывает предохранительный клапан КП7, и жидкость поступает обратно в емкость Б2. При сливе жидкости из магистрали обратно в емкость открывается вентиль В6 (например, при приготовлении и перемешивании рабочих растворов). За рабочим давлением в гидросистеме наблюдают по манометру М2, расположенным в кабине. За рабочей температурой растворов наблюдают по термометру Т1, расположенным в кабине. При заполнении емкости из водопроводной сети открывается кран В2 и происходит заполнение емкости Б2 через люк, расположенный на емкости.

При сливе жидкости из гидросистемы открывается кран В1. При заполнении жидкостью из открытых источников воды открывается вентиль В3 и в6, вентиль В5 закрывается. Насос Н4 включается и происходит заполнение емкости. За процессом наблюдают по мерительной трубке. Глубина самовсасывания насоса Н4 К 80-65-160 составляет 4,0 м. Шланг для заполнения водой из открытых источников должен быть гофрированным и снабжен фильтром.

Рабочее оборудование инъектора включает в себя иглу, монтируемую на манипуляторе. На инъекторе установлен ограничитель глубины заглубления инъектора в почву. Заглубление инъектора выполняется опусканием стрелы манипулятора. Глубина инъектирование растворов в корневые системы деревьев составляет 1,5 м. Наиболее эффективна при предзимнем поливе.

Библиографический список:

1. Зотов, В.А. Машины для городских озеленительных хозяйств. / В.А. Зотов – М.: Машиностроение, 1978. – 203 с.
2. Гуцелюк, Н. А. Технология и система машин в лесном и садово-парковом хозяйствах [Текст] / Н.А. Гуцелюк, С.В. Спиридонов. – СПб.: ПРОФИКС, 2008. – 696 с.

УДК 630.05

С.С.Ведров
С.Л. Шевелев

ДИНАМИКА ТАКСАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДРЕВОСТОЕВ ПИХТЫ

Сибирский государственный аэрокосмический университет
имени академика М.Ф. Решетнева
г. Красноярск

В работе рассмотрены закономерности динамики пихтовых древостоев в южных районах Красноярского края. На основе полученных математических моделей построены эскизы таблиц хода роста

Пихтовые древостои занимают значительные площади в Средней Сибири. В Красноярском крае площадь пихтовых древостоев составляет более 8,017 тыс. га с запасом более 1,5 млд.м3.

Пихта - источник многих лесных продуктов, является основным сырьем для целлюлозно-бумажной промышленности.

Закономерности строения, роста и развития пихтовых древостоев рассмотрены в работах Э.Н. Фалалеева [1] и др.

Целью настоящей работы явилось установление особенностей динамики таксационных показателей пихтовых древостоев в условиях Алтае-Саянского горнотаежного района. Сбор данных осуществлялся на территории КГКУ “Идринское лесничество” Красноярского края.

Район исследования относится к части системы Минусинской котловины занимающие пространство между северными склонами Западного Саяна, восточным подножием Абаканского хребта и западным отрогом Восточного Саяна. Климат резко континентальный, с суровой продолжительной зимой и коротким жарким летом. В целом климат благоприятен для произрастания древесной растительности, о чем свидетельствует значительная представленность насаждений основных лесообразующих пород 2 класса бонитета (около 33%). В районе исследования преобладают серые лесные и горные лесные почвы. В лесном фонде преобладают насаждения средней производительности. На долю хвойных пород приходиться 72% покрытой лесом площади, из которых 52,9% занимают насаждения из пихты сибирской.

Как отмечал Э.Н. Фалалеев [1], распределение деревьев в пихтовых древостоях крайне неравномерно, поэтому отпад по достижению придельного возраста деревьев в отдельные временные промежутки протекает с различной интенсивностью, а это оказывает существенное влияние на характер динамики средних таксационных показателей древостоев. Зачастую процессы динамики имеют определенные регламентированные особенности. С целью установления некоторых из них и выполнена настоящая работа.

В основу работы положены методические разработки Н.В.Третьякова, усовершенствованные И.В. Семечкиным [2]. Были использованы материалы натурной таксации пихтовых древостоев относящихся к зеленомошной группе типов леса.

На первом этапе была проведена первичная статистическая оценка данных.

В таблице 1 приведены средние значения основных таксационных показателей древостоев (X) , их изменчивость (W) и точность опыта (P).

Содержание таблицы говорит, что выборка достоверно характеризует рассматриваемую совокупность и материалы могут быть использованы для дальнейшей обработки.

Далее по полученным средним величинам таксационных показателей устанавливались закономерности хода роста древостоев.

Таблица 1 - Результаты статистической обработки рядов средних таксационных показателей

Класс возраста	Диаметр, см			Высота, м			Запас, $м^3$		
	X	W, %	P,%	X	W, %	P,%	X	W, %	P,%
IV	22,8	17,3	5	19,5	14,6	4,2	181,8	20,6	6,2
V	22,8	11,5	2,9	20,1	11,3	2,8	194	22,9	5,9
VI	26,7	9,1	1,6	23,1	4,2	0,7	236,3	22,6	4,0
VII	26,8	7,1	0,8	23,1	3,4	0,4	221,1	15,9	1,7
VIII	28,7	6,9	0,9	23,9	3,7	0,5	234,9	20,6	2,6

Оказалось, что ход роста по диаметру адекватно отображается уравнением вида:

$$y=ax/(b+x), \quad (1)$$

где: a=3.77986805993E+001

в=5.02429460791E+001

Адекватность уравнения характеризуется величиной коэффициента детерминации(R^2) равном 0,86 и стандартной ошибкой уравнения S=0,932.
Ход роста древостоев по высоте с достаточной точностью отображается математическим выражением

$$y=a+b\ln x \quad (2)$$

где: а=-9.85223990134E+000
в=7.56040380483E+000

Адекватность уравнения характеризуется величиной коэффициента детерминации(R^2) равном 0,86 и стандартной ошибкой уравнения S=0,931

Ход роста пихтовых древостоев по запасу отображается уравнением:

$$y=a(1-\exp(-bx), \quad (3)$$

где: а=2.52730738911E+002
в=1.81338368469E-002

при коэффициенте детерминации(R^2) равном 0,81 и стандартной ошибке уравнения S=0,897.

После установления хода роста древостоев по основным таксационным показателям было выполнено построение эскизов таблицы хода роста (таблица 2).

Таблица 2- Эскиз таблицы хода роста пихтовых древостоев

Возраст, лет	Средние		Сумма площадей сечений,$м^2$	Видовое число,шт	Число стволов	Запас, $м^3$/га	Изменение запаса, $м^3$/га	
	высота, м	диаметр, см					среднее	текущее
30	12,8	19,2	16,1	0,52	727	140	4,7	-
50	16,7	20,8	18,1	0,50	533	150	3,0	0,5
70	19,2	22,4	19,4	0,49	493	181	2,6	1,6
90	21,0	24,0	20,1	0,48	446	203	2,3	1,1
110	22,2	25,5	20,6	0,48	403	218	2,0	0,8
130	23,2	27,1	20,8	0,47	307	229	1,8	0,6
150	24,0	28,7	20,8	0,47	322	236	1,6	0,4
170	24,6	30,3	20,8	0,47	288	241	1,4	0,3
190	25,2	31,8	20,9	0,47	261	245	1,3	0,2

Данную таблицу рекомендуется использовать для проектирования хозяйственных мероприятий в пихтовых древостоях района исследования.
Библиографический список:

1. Фалалеев Э.Н. Леса сибири- Красноярск: Изд-во КГУ, 1985. - 136 с.: ил.. Библиогр.: с. 129-134
2. Семечкин И.В. Опыт использования данных глазомерной таксации для изучения динамики насаждений [Текст]/ И.В. Семечкин // Труды ИЛиД Т VIII.-Красноярск, 1962.-С. 119-131.

УДК 630. 05

Н.Н. Кулакова
С.Л. Шевелев

ДИНАМИКА ТАКСАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЛИСТВЕННИЧНИКОВ В НИЖНЕАНГАРСКОМ ТАЕЖНОМ РАЙОНЕ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М.Ф. Решетнева»
г.Красноярск

В данной работе рассматривается динамика таксационных показателей древостоев лиственницы сибирской в Нижнем Приангарье. Установлены закономерности динамики средних таксационных показателей. Построен норматив, позволяющий осуществлять проектирование хозяйственных мероприятий в древостоях лиственницы травяной группы типов леса в районе исследования.

Лиственница сибирская является одной из основных лесообразующих пород Нижнего Приангарья, занимая около 24% покрытых лесом земель.

Закономерности динамики таксационных показателей лиственничных древостоев в Средней Сибири явились предметом исследования достаточно продолжительный период. Первой крупной работой, посвященной этой теме, явилась монография Б.Н. Тихомирова и И.А.Тищенкова (1929), в которой приводятся таблицы хода роста, положившие начало формирования комплекса нормативов, обеспечивающих проектирование лесохозяйственных мероприятий в Средней Сибири.

Э.Н. Фалалеев и В.С. Поляков сделали большой вклад в решение данного вопроса. Таблицы хода роста лиственничников для четырех регионов Средней Сибири, которые были составлены в различные годы, опубликованы ими в справочном пособии «Ход роста основных лесообразующих пород Сибири» (1975).

В работе И.И. Красикова, С.Л. Шевелева (2010) приведены таблицы для двух типов лиственничников республики Тыва и лиственничников бассейна р. Подкаменной Тунгуски.

Для лиственничников Нижнего Приангарья построена одна таблица (Фалалеев, Поляков, 1975), после математического моделирования эта таблица вошла в «Таблицы и модели хода роста и продуктивность насаждений основных лесообразующих пород Северной Евразии» (Швиденко,2006). Таблица построена на бонитетной основе для древостоев зеленомошной группы типов леса. Для достаточно обширной травяной группы лиственничников таблица хода роста отсутствует.

Территория, на которой расположены объекты исследования, относится к Нижнеангарскому таежному району в соответствии с лесорастительным районированием, разработанным Институтом леса СО РАН им. В.Н. Сукачева (Коротков,1994).

Объектом исследования явились лиственничные древостои травяной группы типов леса.

Методика проведения исследования базировалась на разработках Н.В. Третьякова, дополненных И.В. Семечкиным (1962).

Таблица динамики таксационных показателей наличного древостоя строилась на типологической основе. Древостои характеризуются продуктивностью, соответствующей III классу бонитета. В основу работы положены данные натурной таксации в пределах 5 лесничеств, в объеме 858 таксационных выделов.

Оценка рядов средних таксационных показателей лиственничных древостоев травяной группы типов леса показала на достоверность полученных средних величин в пределах классов возраста. Точность опыта при определении средних диаметров не вышла за пределы 3,6%; средних высот – 2,7%; запасов 5,4%.

Исключение составили данные для I и II классов возраста, в связи с малым числом наблюдений. Но с этим приходится мириться, так как в районе исследования были учтены все древостои этого возраста.

Древостои возрастом 230 лет и старше, хотя также учтены в небольшом количестве (43 таксационных выдела), но имеют относительно невысокую изменчивость показателей, что обеспечило достаточную точность опыта.

Динамика средних показателей древостоев иллюстрируют графики на рисунке 1 Возрастные изменения средних высот, диаметров и запасов с высокой степенью адекватности аппроксимируются уравнением вида:

$$y=a(1-\exp(-bA)), \quad (1)$$

где a,b – коэффициенты уравнения;

A – возраст древостоев, лет.

В таблице 1 приведены коэффициенты уравнений и показатели их адекватности.

Таблица 1 – Коэффициенты уравнений и показатели их адекватности

Таксационный показатель	Коэффициент уравнений		Коэффициент Детерминации (R^2)
	a	b	
Средняя высота, м.	28,63	0,015	0,994
Средний диаметр, см.	57,32	0,006	0,995
Запас, $м^3$	236,5	0,02	0,962

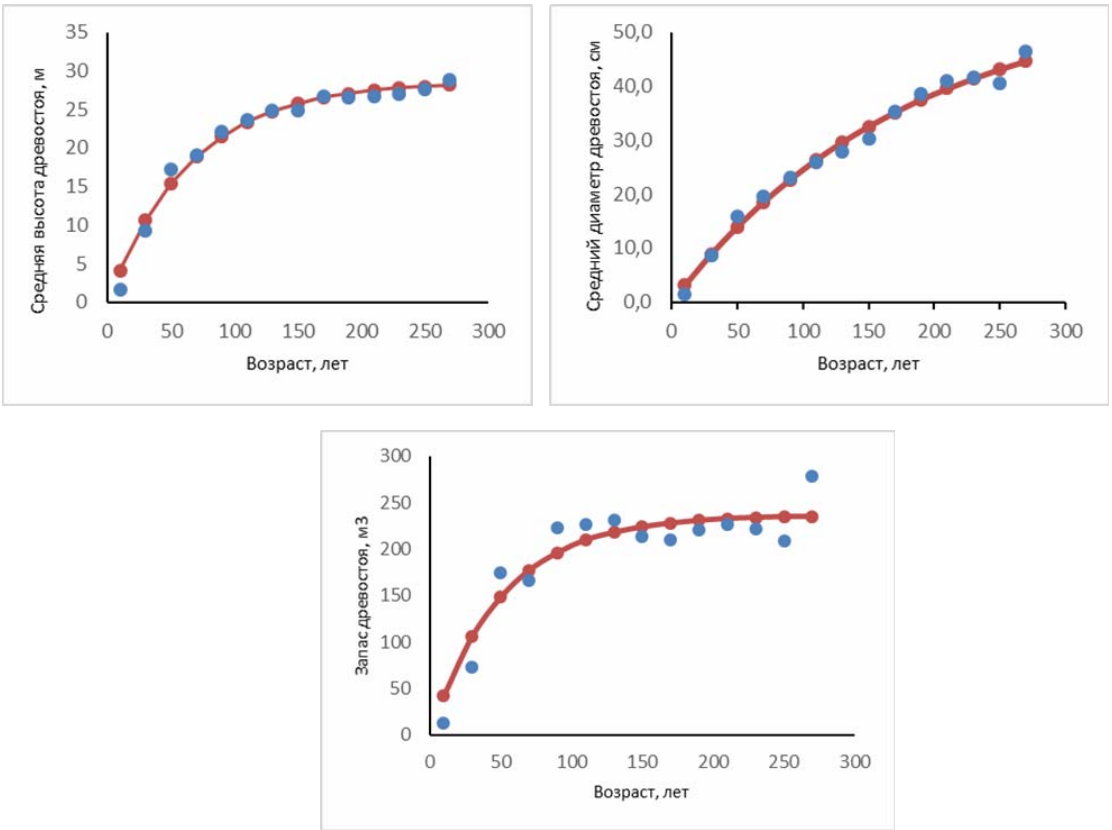


Рисунок 1 – Динамика средних таксационных показателей в лиственничниках травяной группы типов леса

В таблице 2 приведены таблицы динамики таксационных показателей лиственничников травяной группы типов леса в Нижнем Приангарье.

Таблица 2 – Динамика таксационных показателей лиственничников травяной группы

Возраст, лет	Средние		Видовая высота	Видовое число	Сумма пл. сечения, м3/га	Число стволов, шт/га	М на 1 га, м3	Изменение запаса м3/га	
	высота, м	диаметр, см						Среднее,	Текущее
10	4,0	3,2	2,8	0,70	17,0	2054	46	4,60	
30	10,4	9,0	5,36	0,52	21,0	321	110	3,67	3,20
50	15,1	14,1	7,24	0,48	21,0	135	152	3,04	2,10
70	18,5	18,6	8,60	0,46	21,0	76	178	2,54	1,30
90	21,2	22,5	9,68	0,46	20,0	50	194	2,16	0,80
110	23,1	25,9	10,44	0,45	20,0	37	205	1,86	0,55
130	24,5	28,9	11,00	0,45	19,0	29	211	1,62	0,30
150	25,6	31,5	11,44	0,45	19,0	24	215	1,43	0,20
170	26,4	33,8	11,76	0,45	19,0	21	218	1,28	0,15
190	26,9	35,8	11,96	0,44	18,0	18	219	1,15	0,05
210	27,4	37,6	12,16	0,44	18,0	16	220	1,05	0,05
230	27,7	39,1	12,28	0,44	18,0	15	221	0,96	0,05
250	27,9	40,5	12,36	0,44	18,0	14	222	0,89	0,05

В результате выполнения настоящей работы, на основании установленных закономерностей динамики средних таксационных показателей построен норматив, позволяющий осуществлять проектирование хозяйственных мероприятий в древостоях лиственницы травяной группы типов леса в районе исследования.

Библиографический список:

1.Коротков, И.А. Лесорастительное районирование России и республик бывшего СССР [Текст]/ И.А. Коротков // В кн. Углерод в экосистеме лесов и болот России под. ред. В.А. Алексеева, Р.А. Бердси.- Красноярск, 1994.-170 с.
2.Красиков И. И., Шевелев С.Л. Динамика таксационных показателей модальных лиственничников в республике Тыва/ И. И. Красиков, С.Л. Шевелев; Сиб. гос. технол. ун-т //Хвойные бореальной зоны. - Красноярск: СибГТУ, 2010. - Т. 27, вып. 3/4. - С. 253-256
3.Семечкин, И.В. Опыт использования данных глазомерной таксации для изучения динамики насаждений Текст. / И.В. Семечкин // Труды ИЛиД Т VIIL Красноярск, 1962. - С. 119-131.
4.Тихомиров Б.Н. Ход роста сибирской лиственницы по исследованиям в Хакасском округе Сибирского края/А.Н. Тищенков, Б.Н. Тихомиров.-Изд.Сиб.ин-та с.-х. и лесоводства, 1929-43с – труды по лесному опытному делу/Т2).-81с.
5.Швиденко, А.З. Таблицы и модели хода роста и продуктивности насаждений основных лесообразующих пород северной Евразии (нормативно-справочные материалы) [Текст]. / А.З. Швиденко [и др.]. -М.: Федеральное агентство лесного хозяйства, 2006. - 803 с.
6. Фалалеев Э. Н., Соколов, Э. К., / Ход роста основных лесообразующих пород Сибири (учебное пособие) [Текст] Министерство высшего и среднего специального образования РСФСР, Сибирский технологический институт ; [сост.: д-р с.-х. наук Э. Н. Фалалеев и др.], Ч. II Красноярск : СТИ , 1975 .- 195 с. .- табл.

7.Фаллалеев Э.Н., Поляков В.С. Ход роста лиственничных древостоев среднего и нижнего течения р.Ангары. Ход роста основных лесообразующих пород Сибири (учебное пособие) [Текст] // Министерство высшего и среднего специального образования РСФСР, Сибирский технологический институт ; [сост.: д-р с.-х. наук Э. Н. Фалалеев и др.], Ч. II Красноярск : СТИ , 1975 .- С 13-17.

УДК 636.3.001

А.А. Гордиенко
И.С. Караськов

ДИНАМИКА ФОРМИРОВАНИЯ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

ФГБОУ ВО "Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М.Ф. Решетнёва"
г. Красноярск

Ландшафт современного города отражает все разнообразие и противоречивость происходящих в нем процессов. Расширение городских территорий и современные технологические возможности их преобразования привели к тому, что промышленные зоны, инженерная и транспортная инфраструктуры, типовая застройка, изменили природную среду и свели практически к минимуму индивидуальный облик отдельных фрагментов и городов в целом. В настоящее время в крупнейших городах и зонах их влияния техногенные процессы ведут к дестабилизации состояния относительного равновесие, присущего природной среде [1; 2].

Урбанизированная среда создается на базе ландшафтных ресурсов, которые являются основой для размещения техногенных объектов, и в сочетании с природным окружением, служат основой ее композиционного построения. Средопродуцирующая способность ландшафтов определяет комфортность территории.

Анализ исследований экологии городов [3;1;5;13] показывает, что по мере формирования крупных поселений природный ландшафт утрачивает свои характерные свойства, испытывая воздушные и водные загрязнения, изменения климатических параметров и уничтожение растительности и животного мира. Поэтому для создания устойчивой среды городов необходимо выявить основные источники экологических нарушений и наметить пути их устранения.

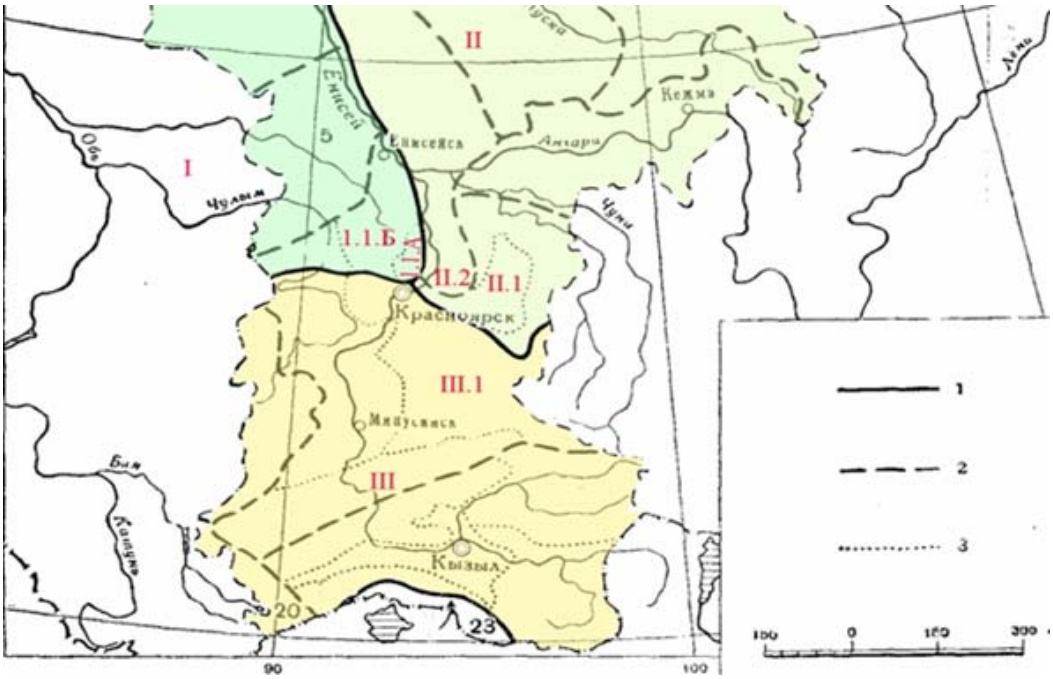
Ландшафтные ресурсы, на базе которых создаются урбанизированные комплексы, предопределяют граничные условия их техногенной трансформации. При этом к наиболее устойчивому и консервативному блоку системообразующих факторов природной среды относят геоморфологический каркас территории [14]. Литогенная основа ландшафта, включающая рельеф, геологический субстрат и гидрогеологические условия, является комплексным экологическим фактором.

Территория района исследований характеризуется значительным разнообразием рельефа. Город Красноярск и его зеленая зона расположены на стыке трех геоморфологических стран: Западно-Сибирской равнины, Средне-Сибирского плоскогорья и Алтае-Саянской горной страны (рис.1).

Северо-западная часть города Красноярска расположена в пределах Красноярской лесостепной предгорной равнины. Территория данного природного округа размещена на стыке Западно-Сибирской низменности и предгорной равнины Восточного Саяна. По ее восточной окраине проходит долина реки Енисей, насчитывающая девять террас различной сохранности, на которых расположена основная часть города.

Часть территории города расположена на Средне-Сибирском плоскогорье, рельеф которого отличается сглаженностью широких водораздельных пространств.

Южная часть города входит в состав природной провинции Саянских гор и межгорных котловин Алтае-Саянской горной страны, которая состоит из плосковершинных нагорий и хребтов [15].



Границы: 1 – стран, 2 – провинций, 3 – округов

I.Западно-Сибирская равнина: I.1. Ачинско-Красноярская лесостепная предгорная равнина и Кемчугская лесная возвышенность: I.1.А. Красноярская лесостепная равнина; I.1.Б Кемчугская лесная возвышенность

II. Средне – Сибирское плоскогорье: II.1. Канская лесостепная котловина и обрамляющие ее возвышенности; II.2 Енисейский кряж

III. Алтае-Саянское нагорье: III. 1. Восточно-Саянские лесные и гольцовые горы.

Рисунок 1 - Схема природного районирования

Важную роль в формировании ландшафтных особенностей города Красноярска играет долина реки Енисей. Она является полосой переходных ландшафтов между крупными природными странами. Красноярск расположен на обоих берегах в среднем течении реки. Долина реки занимает преобладающую часть города, ширина которой на разных берегах неодинакова. На правом – она изменяется от одного километра у ручья Лалетина до 6 – 8 км при впадении р. Березовки. Левобережная долина значительно расширяется, до 6 – 8 км, при впадении реки Кача и в северной части города. В целом она представляет собой ступенчатую эрозионно-аккумулятивную равнину, имеет сложную морфологию. Разнообразие форм рельефа и геологического строения, наличие водных акваторий и растительности, т.е. природно-генетических признаков местности, определяют выделение различных типов природных ландшафтов, на фоне которых сложилась и развивается территория города и пригородной зоны (рис. 1.1) [6;7; 8].

В целом климатические особенности города Красноярска и его пригородной зоны определяются его положением в зоне умеренного климата с ярко выраженной континентальностью. Это объясняется расположением данной территории почти в центре Азиатского материка и удаленностью от водных поверхностей [9; 10; 11].

Растительный покров на территории района исследования сформировался под воздействием структурных и климатических особенностей местности и представлен тремя зонально-поясными подразделениями: экосистемы таежных лесов, подтаежных лесов и лесостепные.

Лесостепные экосистемы приурочены к нижней высотной ступени и занимают почти всю территорию всхолмленной равнины. Участки луговых (злаково-разнотравных) и настоящих (полынно-злаковых, дерновинно-злаковых) степей пространственно сочетаются с небольшими массивами березовых и сосновых лесов, образуя зональные лесостепные комплексы. Территория степей в настоящее время почти полностью распахана. На крутых инсолируемых склонах в долинах рек Енисея, Качи, Есауловки выделяются небольшие по площади контуры каменистых степей. К вогнутым элементам ландшафта приурочены разреженные травянистые группировки из степных и горно-степных видов, заросли кустарников и редкие березняки.

Подтаежные лесные экосистемы представлены сосновыми, реже лиственничными лесами и производными от них березовыми и осиновыми. Они приурочены к предгорьям и низкогорьям Восточного-Саяна, небольшими массивами представлены на Кемчугской возвышенности. Подтаежные леса отличаются высокой производительностью древостоев. Однако в настоящее время их площади значительно сокращены за счет вырубок, создания искусственных насаждений и хозяйственного освоения. Это привело к тому, что сильно измененные антропогенными воздействиями подтаежные и таежные территории, прилегающие к железнодорожной магистрали, имеют в настоящее время почти лесостепной облик.

Таежные экосистемы представлены преимущественно горнотаежными лесами. В таежных лесах к долинам рек в основном приурочена ель, в подтайге и лесостепи долины малых рек заняты ельниками и березняками.

Надо отметить, что территория района исследований находится на стыке трех физико-географических стран, поэтому данные зональные ландшафтные подразделения имеют переходные черты.

Ландшафтные условия определяют распространение и продуктивность растительности. Поэтому для полного использования возможностей древесных растений в насаждениях городов необходимо установить степень соответствия климатических ресурсов местности требованиям растений. Установленные связи морфометрических особенностей древесных растений с оценкой ресурсов среды будут способствовать внедрению наиболее приспособленных к местным условиям древесных видов в городское зеленое строительство и адекватному подбору технологических мероприятий по уходу за насаждениями [12;1; 11].

Библиографический список:

1. Природный комплекс большого города: Ландшафтно-экологический анализ [Текст] / Э.Г.Коломыц, [и др.]. – М.: Наука; МАИК «Наука/Интерпериодика», 2000. – 286с.
2. Нефедов, В.А. Ландшафтный дизайн и устойчивость среды [Текст] / Нефедов, В.А. – СПб.: 2002. – 295 с.
3. Чистякова, С.Б. Охрана окружающей среды [Текст] / С.Б.Чистякова. – М.: Стройиздат, 1988. – 272с
4. Природный комплекс большого города: Ландшафтно-экологический анализ [Текст] / Э.Г.Коломыц, [и др.]. – М.: Наука; МАИК «Наука/Интерпериодика», 2000. – 286с
5. Большаков, А.Г. Ландшафтная планировка устойчивого развития в окружающей среде [Текст] / А.Г. Большаков. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2000. – 168 с.
6. Кириллов, М.В. Особенности природы окрестностей г. Красноярска [Текст] / М.В. Кириллов,— Красноярск: Кн. Изд-во, 1977. – 160 с.

7. Кириллов, М.В. Природа Красноярска и его окрестностей [Текст] / М.В.Кириллов. – Красноярск: Кн. Изд-во, 1988. – 149 с.
8. Ананьева, Т.А. Руководство по геологической практике в окрестностях Красноярска [Текст] / Т.А. Ананьева. – Красноярск: Изд-во КГПУ, 1995. – 48 с.
9. Будыко, М.И. Климат в прошлом и будущем [Текст] / М.И. Будыко. – Л.: Гидрометеоиздат. 1980. – 334 с.
10. Климат Красноярска [Текст] / под ред. Швер Ц.А., Герасимовой А.С. — Л.: Гидрометеоиздат, 1982. 180 с.
11. Лосев, А.П. Агрометеорология [Текст] / А.П. Лосев, Л.Л. Журина. – М.: Колос, 2001. – 302 с.
12. Пузаченко, Ю.Г. Структура растительности лесной зоны СССР. Системный анализ [Текст] / Ю.Г. Пузаченко, В.С. Скулкин. – М. : Наука. 1981. – 276 с.
13. Маслов, Н.В. Градостроительная экология [Текст] / Н.В. Маслов. – М.: Высшая школа. 2000. – 284 с.
14. Солнцев, Н.А. Природный географический ландшафт и некоторые его закономерности [Текст] / Н.А. Солнцев // Тр. IIВсесоюз. Геогр. Съезда. – М.: Географгиз, 1948. – с. 258 – 269.
15. Средняя Сибирь [Текст] / под ред. Герасимова И.П. – М.: Наука, 1964. – 480 с.

УДК 630.165.62

В.А. Дубровская
О.Ф. Буторова

ИЗМЕНЧИВОСТЬ БЕРЕСКЛЕТА БОРОДАВЧАТОГО В БОТАНИЧЕСКОМ САДУ ИМ.ВС.М.КРУТОВСКОГО

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М.Ф. Решетнева»
г. Красноярск

Приведены результаты интродукции бересклета бородавчатого в возрасте 26 лет. Растения имеют среднюю высоту 1,7 м, диаметр кроны – 0,6 м. Уровень варьирования размеров листьев – средний, плодов – низкий и средний. Растения характеризуются высоким баллом (I б) зимостойкости (в соответствии с семибалльной шкалой ГБС РАН), ежегодно цветут и плодоносят.

Род бересклет (*Euonymus*) относится к семейству бересклетовых (*Celastraceae*), характеризующемуся широким географическим распространением в умеренных, но преимущественно субтропических и тропических областях обеих полушарий и разнообразием жизненных форм [4].

Бересклет принадлежит к числу крупных родов цветковых растений и включает около 220 видов вечнозеленых и листопадных деревьев или кустарников. На территории нашей страны в дикорастущем виде встречаются только два рода из этого обширного семейства: бересклет (около 20 видов) и древогубец (3 вида) [3].

Бересклет бородавчатый (*Euonymus verrucosa* Scop.) является наиболее широко распространенным в Европе и Средней Азии представителем рода. Обычно растет в виде кустарника, достигая 1-3 м в высоту, реже деревцем до 4-6 м. Ветви густо покрыты черно-бурыми или красноватыми чечевичками (бородавками). Плод - коробочка неглубокочетырехлопастная, с закругленными на спинке лопастями, 8-12 мм в диаметре, сплюснуто-шаровидная, кожистая, голая, беловато-розовая или розово-красная.

Произрастает бересклет бородавчатый в подлеске дубовых, дубово-грабовых, липовых, буковых, березовых и хвойных лесов, на их опушках и прогалинах, среди кустарников, часто в речных долинах, оврагах, балках и ущельях гор до высоты 2100 м над ур. м., на богатых известью супесчаных и суглинистых почвах, хорошо гумусированных песках. Засухо-, газоустойчив, теневынослив.

В культуре известен с 1763 г. В нашей стране широко культивировался как ценный гуттонос и декоративный кустарник в пределах ареала, а также в Красноярском крае, на Алтае, в Челябинской, Архангельской и Ленинградской областях. В условиях культуры показал себя как весьма неприхотливый, медленно растущий кустарник с обильным цветением, но слабым плодоношением. В коре корней содержится до 32 % гутты, а в семенах – до 54 % невысыхающего масла. Является декоративным, лекарственным, техническим растением [5].

В программу исследований входило изучение изменчивости 26-летних растений бересклета бородавчатого в Ботаническом саду им. Вс.М. Крутовского. У каждого растения в биогруппе измеряли высоту, диаметр ствола, кроны. Оценивали зимостойкость по 7-балльной школе ГБС [2]. Уровень варьирования определяли по шкале С.А. Мамаева.

Высота бересклета бородавчатого варьирует от 1,3 до 2,7 м, что соответствует его высоте в условиях ареала, диаметр ствола – от 1,1 до 3,5 см, кроны – от 0,4 до 0,8 м (таблица 1).

Таблица 1 – Биометрические показатели бересклета бородавчатого

Показатель	min	max	Xср.	± m	V, %	Уровень варьирования
Высота, м	1,3	2,7	1,7	0,24	34,1	высокий
Диаметр ствола, см	1,1	3,5	2,2	0,41	47,1	очень высокий
Диаметр кроны, м	0,4	0,8	0,6	0,05	21,6	высокий

По данным Т.Н. Встовской [1], в дендрариях Барнаула, Новосибирска 15-летние растения бересклета бородавчатого имеют высоту 1,8-2,5 м, Свердловска – 25-летние растения имеют высоту 1,0 м.

Размеры листьев, плодов приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Размеры листьев, плодов, см

Показатель	min	max	Xср.	± m	V, %	Уровень варьирования
Листья						
Длина	3,8	7,1	5,1	0,15	15,8	средний
Ширина	2,1	3,7	2,7	0,07	14,4	средний
Плоды, см						
Длина	0,7	1,0	0,7	0,02	10,0	низкий
Ширина	0,5	0,9	0,7	0,03	18,6	средний

Масса 1000 шт. плодов равна 100,3 г.

Вид характеризуется высоким баллом (I) зимостойкости, цветет и ежегодно плодоносит.

Как показали результаты исследований, данный вид бересклета имеет хорошее состояние, что позволяет использовать отселектированные экземпляры для выращивания адаптированного посадочного материала.

Библиографический список:

1. Встовская Т.Н. Древесные растения - интродуценты Сибири / Т.Н. Встовская.- Новосибирск, 1986. 287 с.
2. Лапин, П.И. Оценка перспективности интродукции древесных растений по данным визуальных наблюдений / П.И. Лапин, С.В. Сиднева // Опыт интродукции древесных растений.- М.: ГБС АН СССР, 1973.- С.7-67.
3. Леонова, Т.Г. Бересклеты СССР и сопредельных стран / Т.Г. Леонова.- Л.: Наука, 1974. – 132 с.
4. Савинов, И. О системе рода *Euonymus* L. (*Celastraceae* R. Br.) по данным сравнительной морфологии репродуктивных органов / И. Савинов // Матер. конф. молодих вчених-ботаніків Украіни «Актуальні проблеми флористики, систематики, екологіі та збереження фіторізноманіття». – Львів, 2002. – С. 112–113.
5. Стратонович, И.М. Интродукция бересклета бородавчатого в условиях Севера / И. М. Стратонович.- М.; Л.: Гослесбумиздат, 1954. – 56 с.

УДК 630.232.31

Ю.Е. Щерба
А.Г. Кичкильдеев
В.В. Комарницкий

ИЗМЕНЧИВОСТЬ ПОКАЗАТЕЛЕЙ 9-ЛЕТНИХ СЕЯНЦЕВ СОСНЫ КЕДРОВОЙ СИБИРСКОЙ ЧИТНСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ В УСЛОВИЯХ УЧЕБНО-ОПЫТНОГО ЛЕСХОЗА СИБГАУ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М.Ф. Решетнёва»
г. Красноярск

В статье приведены показатели роста 9-летних сеянцев сосны кедровой сибирской, выросших из семян, заготовленных на прививочной гибридно-семенной плантации, расположенной на территории, Караульного участкового лесничества Учебно-опытного лесхоза СибГАУ. Приведена изменчивость показателей. Отселектированы быстрорастущие и длиннохвойные сеянцы, которые в дальнейшем будут использованы для проведения селекционных работ.

Изменчивость сеянцев сосны кедровой сибирской по показателям роста отмечается в различных литературных источниках [Ирошников, Федорова, 1974; Братилова, 2005; Матвеева и др., 2001, 2013; Щерба и др., 2016 и др.]

Целью наших исследований явилось изучить изменчивость показателей девятилетних сеянцев сосны кедровой сибирской, выросших из семян с привитых деревьев, привои которых были заготовлены с растений читинского происхождения.

Изменчивость показателей 9-летних сеянцев читинского происхождения приведена в таблице 1.

Уровень изменчивости показателей по С.А. Мамаеву – высокий (высота, диаметр стволика, длина почки и хвои) и очень высокий (текущий прирост побега, число почек и боковых побегов).

Таблица 1 – Изменчивость показателей сеянцев

Показатель	max	$\bar{X}$	±m	V, %	P, %
Высота, см	77,9	53,2	2,51	24,9	4,7
Диаметр стволика, мм	12,0	7,4	0,37	26,3	5,0
Текущий прирост побега в высоту, см	20,4	10,3	0,88	44,8	8,5
Длина почки, мм	12,0	7,6	0,43	29,7	5,7
Число верхушечных почек, шт.	8,0	3,0	0,29	49,4	9,5
Длина хвои, см	13,2	7,9	0,35	23,5	4,4
Число боковых побегов на мутовке 2015 г., шт.	4,0	2,1	0,19	47,3	8,9

Изменчивость показателей позволяет отселектировать отдельные сеянцы, отличающиеся интенсивным ростом (таблица 2).

Таблица 2 – Отселектированные быстрорастущие сеянцы

Номер		Высота		Текущий прирост побега		Длина почки		Диаметр стволика	
семьи	сеянца	см	% к $X_{ср.}$	см	% к $X_{ср.}$	мм	% к $X_{ср.}$	мм	% к $X_{ср.}$
5-9-2	2	66,0	124,1	16,9	164,1	12	157,9	8	108,1
5-9-2	6	63,9	120,1	12,9	125,2	10	131,6	9	121,6
5-9-2	7	66,3	124,6	12,1	117,5	9	118,4	10	135,1
5-9-2	9	64,0	120,3	20,4	198,1	7	92,1	9	121,6
5-9-2	12	64,5	121,2	13,7	133,0	11	144,7	9	121,6
5-9-2	15	67,9	127,6	16,1	156,3	8	105,3	9	121,6
5-9-9	4	77,9	146,4	16,2	157,3	12	157,9	12	162,2
5-9-9	5	65,9	123,9	8,3	80,6	9	118,4	8	108,1
5-9-9	6	67,4	126,7	11,8	114,6	7	92,1	9	121,6
Среднее значение по опыту		53,2	100,0	10,3	100,0	7,6	100,0	7,4	100,0

Наибольшие значения по всем сравниваемым показателям имеет сеянец № 4 семьи 5-9-9. Сеянцы раннего развития, оцениваемые по образованию почек, представлены в таблице 3.

Максимальное число почек сформировалось у сеянца № 4 семьи 5-9-9 как в 2015, так и в 2016 гг. Этот показатель был больше среднего значения в 2,4 раза.

Таблица 3 – Отселектированные сеянцы по образованию почек

Номер		На центральном побеге		На мутовке 2015 г.		Всего	
семьи	сеянца	шт.	% к $X_{ср.}$	шт.	% к $X_{ср.}$	шт.	% к $X_{ср.}$
5-9-9	4	8	266,7	5	208,3	13	240,7
5-9-9	8	8	266,7	1	41,6	9	166,7
5-9-8	8	4	133,3	4	166,7	8	148,1
5-9-2	14	4	133,3	3	125,0	7	126,6
5-9-9	5	4	133,3	4	166,7	8	148,1
5-9-9	6	3	100,0	4	166,7	7	129,6
Среднее значение по опыту		3	100,0	2,4	100,0	5,4	100,0

По длине хвои на текущем побеге отселектированы сеянцы семьи 5-9-2 под номером 2, 16, 12, 15 у которых длина хвои равна 13,2; 10,1; 9,9 и 9,5 см и под номером 1 семьи 5-9-8 длина хвои которого была равна 10,2 см. Превышение над средним значением составило 67,1; 27,8; 25,3; 20,3; 29,1 %, соответственно.

Исследования подтвердили, что среди 9-летних сеянцев можно отселектировать экземпляры, отличающиеся интенсивным ростом, ранним образованием почек и длинной хвоей.

Библиографический список:

1. Братилова, Н.П. Изменчивость кедра сибирского в плантационных культурах юга Средней Сибири в зависимости от формового разнообразия всходов и сеянцев / Н.П. Братилова. - Красноярск: СибГТУ, 2005. - 116 с.
2. Ирошников, А.И. Принципы отбора быстрорастущих особей в питомнике и культурах / А.И. Ирошников, А.И Федорова // Проспект научно-исследовательских работ, предложенных для использования в народном хозяйстве. – Красноярск, 1974. – С. 54-56.
3. Матвеева, Р.Н. Изменчивость сеянцев кедра сибирского / Р.Н. Матвеева, О.Ф. Буторова // Вестник СибГТУ. – Красноярск: СибГТУ, 2001. – № 2. - С. 3-9.
4. Матвеева, Р.Н. Изменчивость двухлетних сеянцев сосны кедровой сибирской от привитых клонов, произрастающих на гибридно-семенной плантации / Р.Н. Матвеева, Ю.Е. Колосовская, И.А. Бажина, Н.Ю. Шутова, Э.В. Колосовский // Плодоводство, семеноводство, интродукция древесных растений. - Красноярск: СибГТУ, 2013. - С. 99-101.
5. Щерба, Ю.Е. Изменчивость показателей роста 8-летних сеянцев сосны кедровой сибирской алтайского происхождения / Ю.Е. Щерба, А.Г. Кичкильдеев, В.В. Комарницкий // Плодоводство, семеноводство, интродукция древесных растений. - Красноярск: СибГАУ, 2016. - С. 120-124.

УДК 630.232.31

Ю.Е. Щерба
Н.П. Братилова
М.В. Гришлова
А.П. Вологдина
И.С. Белоусова

ИЗМЕНЧИВОСТЬ СЕМЯН СОСНЫ КЕДРОВОЙ СИБИРСКОЙ ЯРЦЕВСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ НА ПЛАНТАЦИИ «МЕТЕОСТАНЦИЯ» УРОЖАЯ 2016 Г.

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М.Ф. Решетнёва»
г. Красноярск

В статье приведены результаты исследований по отбору крупно-семенных деревьев сосны кедровой сибирской ярцевского происхождения, произрастающих на шестой секции плантации «Метеостанция» Учебно-опытного лесхоза СибГАУ. Установлена индивидуальная изменчивость длины, ширины и зрелости семян, собранных 11 июля 2016 г. Отселектированы деревья, образующие крупные семена и отличающиеся ранним формированием зародыша.

При создании урожайных плантаций древесных растений большое значение придается отбору не только деревьев, имеющих крупные шишки, но и семена [Воробьев, 1974; Горошкевич, 1996; Матвеева и др., 2010 и др.].

Наши исследования направлены на изучение изменчивости семян девяти деревьев сосны кедровой сибирской ярцевского происхождения, отселектированных по урожайности на 6-ой секции плантации «Метеостанция» Учебно-опытного лесхоза СибГАУ. Посадочный материал для создания данной секции был выращен из семян, заготовленных в 1964 г. в популяции, произрастающей на территории Ярцевского лесничества Красноярского края (широта 61°00´, долгота 90°36´, высота над уровнем моря – 100 м). Популяция характеризовалась III классом бонитета, VI классом возраста, типом леса $К_{пойм.}$, составом древостоя 10К.

11 июля 2016 года были собраны семена с отселектированных деревьев и определены показатели, указывающие на их крупность и зрелость.

Изменчивость длины и ширины семян сравниваемых деревьев показана в таблице 1.

Таблица 1 – Индивидуальная изменчивость показателей семян сравниваемых деревьев

Номер дерева	$\bar{X}$	±σ	±m	V, %	P, %	$t_ф$ при t_{05}=1,99
1	2	3	4	5	6	7
Длина семени, мм						
6-11	12,7	0,89	0,13	7,0	1,0	10,05
6-14	12,1	0,49	0,09	4,0	0,7	19,43
6-15	12,5	0,60	0,05	4,8	0,4	22,63
6-22	10,9	1,22	0,13	11,1	1,2	22,97
6-42	14,1	0,42	0,05	3,0	0,4	-
6-65	12,3	0,80	0,07	6,5	0,6	20,92
6-80	11,8	0,73	0,13	6,2	1,1	16,51
6-92	12,2	0,65	0,12	5,3	1,0	14,62
6-109	13,1	0,49	0,09	3,7	0,7	9,71
Среднее значение	12,3					
Ширина семени, мм						
6-11	8,6	0,67	0,09	7,7	1,1	13,91
6-14	8,7	0,73	0,13	8,4	1,5	11,42
6-15	9,0	0,60	0,05	6,7	0,6	12,92
6-22	6,5	0,81	0,09	12,6	1,3	27,20
6-42	10,1	0,63	0,08	6,2	0,8	4,59
6-65	8,4	1,00	0,09	11,9	1,1	15,18
6-80	8,9	0,73	0,13	8,3	1,5	10,33
6-92	8,7	0,49	0,16	5,6	1,9	10,19
6-109	10,8	0,73	0,13	6,8	1,2	-
Среднее значение	8,5					

Исходя из приведенных данных видно, что более крупными семенами отличаются деревья 6-42, 6-109, превышающие среднее значение по длине семян на 14,6 и 6,5 %, по ширине – на 18,7 и 27,6 %, соответственно. Вариабельность данных показателей семян ярцевского происхождения низкая (V ≤ 12,6 %).

Изменчивость по заполнению зародышем семенного канала сравниваемых деревьев приведена в таблице 2.

По результатам проведенных исследований выделены три дерева 6-22, 6-80, 6-92 с ранним созреванием семян, которые на момент сбора шишек сформировали зародыши, имеющие заполнение семенного канала на 22,2-24,2 % больше среднего значения.

Таблица 2 – Индивидуальная изменчивость зрелости семян сравниваемых деревьев

Номер дерева	$\bar{X}$	±σ	±m	V, %	P, %	$t_ф$ при t_{05}=1,99
1	2	3	4	5	6	7
Заполнение зародышем семенного канала, %						
6-11	66,5	14,51	2,07	21,8	3,1	2,88
6-14	54,0	9,59	1,81	17,8	3,4	8,42
6-15	49,3	12,22	1,31	24,8	2,7	12,26
6-22	73,9	11,95	1,52	16,2	2,1	-
6-42	47,4	16,78	2,56	35,4	5,4	8,90
6-65	66,2	14,23	1,38	21,5	2,1	3,75
6-80	72,7	19,02	3,53	26,2	4,9	0,31
6-92	73,6	12,59	1,47	17,1	2,0	0,14
6-109	48,4	13,55	3,11	28,0	6,4	7,37
Среднее значение	59,5					

Отселектированные деревья по крупности и зрелости семян рекомендованы для дальнейшего размножения прививкой с целью создания урожайных плантаций.

Библиографический список:

1. Воробьев, В.Н. Методика оценки и отбора деревьев кедра сибирского по урожайности / В.Н. Воробьев // Состояние и перспективы развития лесной генетики, селекции и семеноводства. Методы селекции древесных пород. – Рига, 1974. – С. 32-36.
2. Горошкевич, С.Н. Внутрипопуляционное разнообразие шишек и семян Pinus sibirica du Tour. Сообщение 2. Фенотипическая корреляции между признаками / С.Н. Горошевич, О.В. Хуторной // Растительные ресурсы. – 1996. – Т. 32. - № 3. – С. 12-21.
3. Матвеева, Р.Н. Отбор кедра сибирского по репродуктивному развитию на плантации «ЛЭП» Караульного участкового лесничества СибГТУ / Р.Н. Матвеева, А.Г. Кичкильдеев, Ю.Е. Щерба // Плодоводство, семеноводство, интродукция древесных растений. – 2010. – С. 88-91.

УДК 630.273

В. Е. Максименко
Л. Н. Сунцова
Е. М. Иншаков

ИЗУЧЕНИЕ БИОМЕТРИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ГОДИЧНЫХ ПОБЕГОВ ЧЕРЕМУХИ ОБЫКНОВЕННОЙ, ПРОИЗРАСТАЮЩЕЙ В РАЗЛИЧНЫХ РАЙОНАХ ГОРОДА КРАСНОЯРСКА

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М.Ф. Решетнева»
г. Красноярск

Проанализированы результаты биометрических показателей годичных побегов черемухи обыкновенной, произрастающей в различных районах г. Красноярска. На основании полученных результатов дана оценка состояния насаждений черемухи обыкновенной в условиях техногенной среды.

С развитием индустриального и высокоиндустриального общества, влияния человека на природу, урбанизацией стало необходимым введение понятия устойчивости растений к различным городским условиям. Многим известно, что не все растительные организмы способны выдерживать влияние негативных факторов

городской экологии, в то время как другие в городских условиях могут чувствовать себя даже лучше, чем в естественных ареалах своего произрастания. Это обусловлено различной степенью устойчивости растений к неблагоприятным факторам в урбоэкосистеме [3,4].

Цель данных исследований - изучение реакций растений на условия урбанизации и индустриализации. Задачей является изучение биометрических показателей годичных побегов черемухи обыкновенной, произрастающей в различных районах города Красноярска.

Пробные площади для проведения исследования заложены в разных районах г. Красноярска. Первая пробная площадь является контролем и заложена за чертой города в с. Зыково в лесной зоне. Вторая пробная площадь заложена на правом берегу г. Красноярска, в микрорайоне «Фестивальный», на пересечении ул. Рейдовая и ул. Одесская, на открытом хорошо освещенном месте, где черемуха образует чистое насаждение. Третья пробная площадь - на левом берегу г. Красноярска, в микрорайоне «Зеленая роща», на пересечении ул. Тельмана и ул. Устиновича, в придомовой полосе.

Черемуха обыкновенная (Padus avium, Prunus avium, Prunus padus) – одно из самых встречающихся в городах деревце со съедобными плодами [1].

Для проведения исследований использовалась биометрическая оценка состояния насаждений [2]. В ходе работы производился обмер побегов (длина), подсчитывалось количество листьев на побеге, вычислялась площадь листьев, определялся сырой и сухой вес листьев и побегов. Данные по изучению биометрических показателей годичных побегов черемухи обыкновенной, произрастающей в различных районах города Красноярска представлены в таблице.

Из полученных данных видно, что на пробных площадях №2 и №3 такие показатели как длина побега, сырой вес побега, сухой вес побега и количество листьев на побеге – превышают показатели контрольной пробной площади. Сырой и сухой вес листа оказался больше контроля на второй пробной площади. По остальным показателям отличий практически не обнаружено.

Таблица 1 – Изучение биометрических показателей насаждений черемухи обыкновенной, произрастающих в различных условиях города Красноярска

Показатели	Пробная площадь 1 (контроль)	Пробная площадь 2 (ул. Рейдовая)	Пробная площадь 3 (ул. Тельмана)
Длина побега, см	10,60 ± 2,79	19,50 ± 2,25	14,00 ± 3,06
Сырой вес побега, г	0,49 ± 0,04	2,46 ± 0,49	1,37 ± 0,48
Сухой вес побега, г	0,27 ± 0,03	1,29 ± 0,27	0,77 ± 0,26
Количество листьев на побеге, шт.	5,96 ± 1,08	11,70 ± 0,71	9,65 ± 2,08
Сырой вес 1 листа, г	0,39 ± 0,04	0,53 ± 0,06	0,40 ± 0,03
Сухой вес 1 листа, г	0,18 ± 0,02	0,27 ± 0,06	0,20 ± 0,02
Общая площадь листьев, $см^2$	205,89 ± 41,78	293, 84 ± 42,38	262, 95 ± 41,39
Площадь 1 листа, $см^2$	31,93 ± 2,41	25,09 ± 2,76	28,19 ± 1,86

Полученные результаты можно объяснить особенностями произрастания черемухи обыкновенной на пробных площадях. Контрольная пробная площадь была заложена в естественных условиях произрастания. Там черемуха обыкновенная растет под пологом леса, в условиях низкой освещенности и конкуренции с соседней растительностью. Полученные данные свидетельствуют об угнетенном состоянии черемухи, о ее медленном росте и развитии в условиях леса.

Отсутствие конкурентов и дорожных покрытий послужили причиной высокого показателя сырого веса листа на второй пробной площади по сравнению с контролем и третьей пробной площадью, что говорит о хорошей обеспеченности водой. На третьей

пробной площади насаждения черемухи обыкновенной произрастают в придомовой полосе, рядом с дорожными покрытиями, которые препятствуют проникновению влаги в почву.

Показатель сухого веса листа характеризует интенсивность процесса фотосинтеза. Наибольшее значение этого показателя на второй пробной площади можно объяснить более благоприятными условиями для процесса фотосинтеза связанными в первую очередь с хорошей освещенностью, по сравнению с контролем и третьей пробной площадью. Условиями освещенности можно объяснить и отличия в площади одного листа, которая на второй пробной площади оказалась несколько меньше, что связано с ксерофитизацией листьев. Таким образом, на состояние насаждений черемухи обыкновенной влияют в первую очередь абиотические факторы среды и только во вторую – антропогенные.

Проведенные исследования показали, что черемуху обыкновенную можно отнести к среднеустойчивому виду в условиях г. Красноярска. Тем не менее, мы не рекомендуем высаживать ее вблизи магистралей, где наблюдается большое негативное влияние автотранспорта. Черемуху обыкновенную можно рекомендовать использовать в одиночных, групповых и аллейных (рядовых) посадках в скверах, парках и дворах невысоких жилых домов (соблюдая нормы посадок) в условиях г. Красноярска.

Библиографический список:

1. Коропачинский, И. Ю. Древесные растения для озеленения Красноярска. / И. Ю. Коропачинский, Р. И. Лоскутов. - Академическое издательство «Гео», 2014. – 320 с.
2. Сунцова, Л.Н. Устойчивость растений в урбоэкосистемах: методические указания по выполнению курсовой работы студентами направления подготовки 35.04.09 «Ландшафтная архитектура», профиля подготовки садово-парковое и ландшафтное строительство, очной формы обучения /Л.Н. Сунцова, Е.М. Иншаков. – Красноярск: СибГТУ, 2016. – 44 с.
3. Чернышенко, О.В. Поглотительная способность и газоустойчивость древесных растений в условиях города. / О.В. Чернышенко – М.: МГУЛ, 2002. – 120 с.
4. Экологические проблемы Красноярского края: Региональная межвузовская экологическая конференция. – Красноярск: СибГТУ, 2000. – 328 с.

УДК 630.181.28

А.С. Грицких
Л.Н. Сунцова
Е.М. Иншаков

ИЗУЧЕНИЕ ЗАПАСОВ ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ТЮХТЕТСКОГО ЛЕСНИЧЕСТВА

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М.Ф. Решетнева»
г. Красноярск

Определен видовой состав лекарственных растений, их биологический и эксплуатационный запасы в условиях Тюхтетского лесничества. Произведена статистическая обработка данных по изучению запасов лекарственных растений.

Лекарственные растения играют сегодня значительную роль в здравоохранении и ветеринарии, их удельный вес в арсенале лекарственных средств очень велик [3,5]. Вопрос изучение лекарственных растений в регионах Сибири освещен не достаточно,

не исключением является и Красноярский край [4]. Поэтому остается актуальным детальное исследование этого вопроса в разных районах Красноярского края.

Цель работы – изучение видового разнообразия и запаса лекарственных растений в условиях Тюхтетского лесничества.

Тюхтетский район находиться в 275 км от краевого центра города Красноярска [1]. Площадь района составляет 9339 км^2. Площадь лесничества – 8349,51 км^2.

Лесорастительная зона Тюхтетского лесничества таежная, лесной район – Западно - Сибирский, характеризуется равнинным рельефом с постепенным уменьшением абсолютных высот с юга на север. Климат района резко континентальный с холодной продолжительной зимой, коротким жарким летом [1].

Для исследования лекарственных растений в Тюхтетском лесничестве были заложены три пробные площади, в разных типах леса: сосняк разнотравный, смешанный лес и березняк разнотравный

На каждой пробной площади изучали видовой состав. При этом учитывались растения не только цветущие, но и находящиеся в вегетативном состоянии.

В березняке разнотравном обнаружены лекарственные растения, относящихся к 8 семействам. Преобладали представители семейств: сложноцветных (Asteraceae), розоцветных (Rosáceae) и бобовых (Fabacea).

В первую очередь это связанно с условиями светового режима, почвенного состава и влиянием древесного яруса. Первый ярус в данном фитоценозе занимают такие древесные растения, как береза и осина, 2 ярус занимают рябина, черемуха, ива. Травянистый покров состоит из костяники каменистой, клевера люпинового, земляники лесной. Почва в данном фитоценозе суглинистая.

В смешанном лесу обнаружено 11 видов лекарственных растений, относящихся к 8 семействам. Преобладали представители семейства бобовые и розоцветные.

В сосняке разнотравном встречались 9 видов лекарственных растений, относящихся к 6 семейства. В данном типе леса преобладали семейства розоцветные и сложноцветные

На каждой пробной площади изучался биологический и эксплуатационный запас лекарственных растений.

В сосняке разнотравном с наибольшим биологическим запасом выделялись такие виды лекарственных растений, как клевер люпиновый, подорожник большой, костяника каменистая, крапива двудомная, кошачья лапка с биологическим запасом 21,6, 15,0, 14,8, 15,9, 16,4 кг/га, соответственно. Эксплуатационный запас у этих же видов составил 15,12 кг/га, 7,50, 7,40, 7,95, 8,20 кг/га, соответственно.

В смешанном лесу с наибольшим биологическим запасом отмечались такие виды растений, как ромашка лекарственная, зопник клубненосный, подмаренник северный, колокольчик сборный, чина Гмелина с запасом 13,4 кг/га, 13,1, 11,9, 13,9, 12,2 кг/га, соответственно. Эксплуатационный запас у этих же видов составил 9,38, 6,55, 5,95 , 9,38, 6,10 кг/га, соответственно.

В березняке разнотравном самый большой запас наблюдался у герани луговой, кровохлебки лекарственной, лабазника вязолистного, ромашки лекарственной, колокольчика сборный. С биологическим запасов 17,0, 18,3, 16,7, 11,1, 9,7 кг/га, соответственно. Эксплуатационный запас данных видов лекарственных растений составил 8,50, 9,15, 8,35, 7,77, 4,85 кг/га, соответственно.

Сравнивая биологический запас у видов лекарственных растений в данных типах леса показали, что клевер люпиновый встречается во всех типах леса, в сосняке разнотравном с биологическим запасом 21,6 кг/га, в смешанном лесе – 6,2 кг/га, в березняке разнотравном – 9,2 кг/га.

Крапива двудомная встречается в сосняке разнотравном с биологическим запасом – 15,9 кг/га, в смешанном лесу – 10,5 кг/га, а в березняке разнотравном не встречается. Подорожник большой и кошачья лапка встречается только в сосняке разнотравном с биологическим запасом – 15,0, 16,4 кг/га, соответственно. Костяника каменистая встречается в сосняке разнотравном – 14,8 кг/га, в смешанном лесу – 7,8 к/га, в березняке разнотравном – 9,1 кг/га. Такие виды лекарственных растений, как зопник клубненосный, подмаренник северный, чина Гмелина встречались только в смешенном лесу, с биологическим запасом – 13,1, 11,9, 12,2 кг/га, соответственно. Колокольчик сборный встречается в смешанном лесу – 13,9 кг/га, в березняке разнотравном – 9,7 кг/га. Герань луговая, кровохлебка лекарственная, лабазник вязолистный встречаются только в березняке разнотравном с биологическим запасом 17,0, 18,3, 8,35 кг/га, соответственно.

Таким образом, заготовку таких видов лекарственных растений, как клевера люпинового, кошачьи лапки, горошка мышиного, подорожника большого, костяники каменистой лучше всего проводить в сосняке разнотравном.

В смешанном лесу целесообразно проводить заготовку: ромашки лекарственной, зопника клубненосного, подмаренника северного, чины Гмелина.

В березняке разнотравном производить заготовку таких видов лекарственных растений, как герань луговую, кровохлебку лекарственную, лабазник вязолистный.

Для местного населения возможен сбор растений: тысячелистника обыкновенного, кипрея узколистного в сосняке разнотравном. А такие виды, как крапива двудомная, володушка золотистая собирать в смешанном лесу. В березняке разнотравном возможен сбор таких виды растений, как тысячелистник обыкновенный, лопух большой, кипрей узколистный, репейничек волосистый, ромашка лекарственная, хвощ полевой, орляк обыкновенный. Во всех типах леса возможен сбор таких лекарственных растений, как клевер люпиновый, горошек мышиный, земляника лесная и костяника каменистая.

Библиографический список:

1. Регламент Тюхтетского лесничества, утвержденный постановлением Министерством природных ресурсов и экологии Красноярского края от 22 декабря 2008 года № 105.
2. Иншаков Е. В. Изучение живого напочвенного покрова и ресурсов дикорастущих лекарственных растений/ Е. М. Иншаков, Л. Н. Сунцова.- Методические указания по выполнению дипломных работ для студентов направления 250100.62 Лесное дело профиля подготовки «Лесное хозяйтсво», 250700.62 Ландшафтная архитектура профиля подготовки «Садово-парковое и ландшафтное строительство» очной и заочной форм обучения. – Красноярск: СибГТУ, 2012. – 32 с.
3. Мусаев Ф.А. Лекарственные растения/ Мусаев Ф. А., Захарова О.А., Мусаева Р.Ф. Учебное пособие, - Рязань: РГАТУ, 2014. – 302 с.
4. Никиточкина Т.А. Лекарственные растения леса. Учебное пособие/Т. А. Никиточкина. – Москва «изобразительное искусство» 1991. – 33 с.
5. Штанько, А.В. Лекарственные растения. Учебное пособие/ А.В. Штанько, С.А. Штанько. – Петрозаводский гос.ун-т. Петрозаводск: 1992. – 254 с.

УДК 630.181.28

К.В. Шестак
И.А. Алехин

ИЗУЧЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ АДАПТАЦИИ ИНТРОДУЦЕНТОВ РОДА *ACER* L. В ЦСБС СО РАН

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М.Ф. Решетнёва»
г. Красноярск

Дана оценка состояния восьми видов рода Acer L. в коллекции арборетума Центрального сибирского ботанического сада СО РАН. Определена группа перспективности интродукции опытных растений в данных условиях по методике ГБС РАН.

Assessment of the condition of eight species of Acer L. in the collection of the arboretum of Central Siberian Botanical garden SB RAS are given. The prospects of introduction of the test plants in these conditions according to the method of the Main Botanical garden RAS were determined.

Интродукция растений предполагает активную деятельность человека, направленную на обогащение культурной флоры новыми видами, формами, культиварами с целью увеличения биологического разнообразия природных и антропогенных экосистем. Древесная и кустарниковая флора многих регионов, особенно в крупных городах, включает привлеченные из других районов растения, которые, зачастую, оказываются более долговечными, устойчивыми, продуктивными, функциональными, в сравнении с местными видами. Расширение видового разнообразия экосистем возможно на основании интродукционного испытания новых иннорайонных видов, включающего комплексную оценку состояния растений на разных этапах онтогенеза [4].

Целью данных исследований явилось установление группы перспективности интродукции видов рода *Acer* L., произрастающих в коллекции арборетума Центрального сибирского ботанического сада СО РАН (ЦСБС СО РАН) в возрасте 33-46 лет.

ЦСБС СО РАН – крупнейшее ботаническое научно-исследовательское учреждение на территории Азиатской России. Арборетум сада занимает площадь 25 га, в том числе непосредственно под экспозициями находится 12 га. Он располагается на правом берегу Новосибирского водохранилища на высоте 114-130 м над уровнем моря. Поверхность территории представляет собой дренированную равнину, расчлененную речкой Зырянкой на две части и изрезанную крупными оврагами и балками. Преобладающими почвами являются дерново-подзолистые и серые лесные, мало- и среднегумусовые, легкие по механическому составу. Реакция почв средне- и слабокислая. Коллекция арборетума насчитывает 346 видов и 108 гибридов, форм, сортов, относящихся к 85 родам 39 семейств [2].

Быстрота роста, неприхотливость, устойчивость к загазованности и задымлению, засухоустойчивость, зимостойкость, декоративность (особенно в осенней период) обеспечивают высокую оценку хозяйственной ценности многих видов семейства *Aceraceae* Juss. среди других древесных интродуцентов [1].

Объектом исследований послужили восемь видов рода *Acer* L. разного географического происхождения (таблица 1).

Таблица 1 – Изучаемые виды интродуцентов

Вид	Ареал	Возраст, лет	Происхождение
Acer barbinerve Maxim.	Приморский край, Китай, Корея	43	Приморский край
Acer ginnala Maxim.	Корея, Япония	45	г. Биробиджан
Acer mono Maxim.	Япония, Корея, Китай, Монголия, Дальний Восток	42	Приморский край
Acer platanoides L.	Европа, Юго-Западная Азия	33	г. Пермь
Acer spicatum Lam.	Северная Америка	44	г. Москва
Acer tataricum L.	Европа, Юго-Западная Азия	45	г. Краснокутск
Acer tegmentosum Maxim.	Дальний Восток, Корея, Китай	46	Арборетум ЦСБС (Российский Дальний Восток)
Acer ukurunduense Trautv. et. C. A. Mey.	Приморский край, Курильские острова, Сахалин, Китай, Корея, Япония	44	Арборетум ЦСБС (Российский Дальний Восток)

Для оценки состояния выделенных видов применялась методика, разработанная в отделе дендрологии ГБС РАН П.И. Лапиным и С.В. Сидневой [1973]. Данная методика позволяет дать интегральную оценку перспективности интродукции вида, выраженную числовым показателем. Оценка проводилась по семи показателям: степень ежегодного вызревания побегов (ВП), зимостойкость (ЗС), сохранение габитуса (СГ), побегообразовательная способность (ПС), регулярность прироста побегов в высоту (РП), способность к генеративному развитию (ГР), способы размножения испытываемых растений (СР), с последующим вычислением итогового балла для каждого вида и определением группы перспективности по разработанной шкале (таблица 2).

Таблица 2 – Оценка перспективности интродукции видов в арборетуме ЦСБС СО РАН

Вид растения	Показатель, балл по шкале							Итого баллов	Группа перспективности
	ЗС	ПС	ВП	РП	СГ	ГР	СР		
Acer barbinerve	IV	II	IV	II	II	III	IV	43	Малоперспективные
Баллы	10	3	5	2	5	15	3		
Acer ginnala	I	I	I	I	I	I	II	97	Вполне перспективные
Баллы	25	5	20	5	10	25	7		
Acer mono	III	II	IV	II	II	IV	IV	34	Неперспективные
Баллы	15	3	5	2	5	1	3		
Acer platanoides	V	II	V	II	III	IV	IV	16	Абсолютно неперспективные
Баллы	5	3	1	2	1	1	3		
Acer spicatum	III	I	IV	II	II	II	IV	55	Малоперспективные
Баллы	15	5	5	2	5	20	3		
Acer tataricum	I	I	I	I	I	I	II	97	Вполне перспективные
Баллы	25	5	20	5	10	25	7		
Acer tegmentosum	II	I	III	II	I	I	II	79	Перспективные
Баллы	20	5	10	2	10	25	7		
Acer ukurunduense	II	I	III	I	I	I	II	82	Перспективные
Баллы	20	5	10	5	10	25	7		

Таким образом, четыре изучаемых вида отнесены к перспективным для интродукции в континентальных условиях Новосибирской области и аналогичных им.

Два вида – малоперспективны, один – неперспективен и один – абсолютно неперспективен в данном регионе.

Полученные данные свидетельствуют об успешной адаптации части выбранных для изучения видов рода *Acer* L. в пункте интродукции. Эти растения имеют параметры в пределах биологической нормы, отличаются полноценным генеративным развитием, вполне зимостойки и устойчивы. Виды малоперспективные требуют применения методов активной акклиматизации. За неперспективными по данным оценки видами необходимо проводить дальнейшее детальное наблюдение и анализ факторов их неуспешности.

Результаты данной оценки могут быть использованы в последующих исследованиях процесса адаптации опытных видов в сложных эколого-климатических условиях интродукции, а также при разработке рекомендаций по их введению в культуру Сибирского региона.

Библиографический список:

1. Булыгин, Н.Е. Дендрология / Н.Е. Булыгин, В.Т. Ярмишко.- М.: МГУЛ, 2001.- 528 с.
2. Встовская, Т.Н. Древесные растения Центрального сибирского ботанического сада / Т.Н. Встовская, И.Ю. Коропачинский.- Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал «Гео», 2005.- 235 с.
3. Лапин, П.И. Оценка перспективности древесных растений по данным визуальных наблюдений. Опыт интродукции древесных растений / П.И. Лапин, С.В. Сиднева.- М.: ГБС АН СССР, 1973.- 68 с.
4. Лапин, П.И. Интродукция лесных пород / П.И. Лапин, К.К. Калуцкий, О.Н. Калуцкая.- М.: Лесн. пром-сть, 1979.- 224 с.

УДК 582.47:546.16:556.51(571.51)

Р.А. Ерастов
Р.Р. Тагиров

ИССЛЕДОВАНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ФТОРА В ХВОЕ ПИХТЫ СИБИРСКОЙ ВОДОСБОРА Р. БАЗАИХА КРАСНОЯРСКОГО ПРОМЫШЛЕННОГО РЕГИОНА

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М.Ф. Решетнева»
г. Красноярск

Масштабы повреждений лесных насаждений выбросами промышленных предприятий свидетельствуют о том, что загрязнение становится всевозрастающим, лимитирующим, а в отдельных случаях и летальным фактором окружающей среды для жизнедеятельности растительных организмов. Особенно сильно страдают от повреждения хвойные леса.

Ассимиляционный аппарат хвойных имеет длительный срок жизни (5-7 лет), поэтому в условиях постоянного загрязнения воздуха хвоя накапливает поллютанты за больший период времени, чем у лиственных пород (Павлов, 2006). Как следствие, уже через два года, в условиях высокого загрязнения, деревья теряют многолетнюю хвою. Потеря значительной части ассимиляционного аппарата деревом ведет к углеродному голоданию, истощению субстратов дыхания и снижению толерантности.

По мнению Т.А. Михайловой и А.С. Рожкова насаждения располагаются в порядке снижения резистентности к уровню загрязнения следующим образом:

лиственница даурская, лиственница сибирская, ель сибирская, сосна обыкновенная, кедр сибирский, пихта сибирская (Рожков, 1989).

В настоящее время имеется незначительное количество сведений по накоплении фтора в близлежащих к мегаполисам хвойных насаждений, а именно, пихтовых древостоев.

В связи с этим, целью работы является оценка содержания частиц фтора в лесных экосистемах бассейна реки Базаиха на основе содержания химического элемента в хвое пихты сибирской (*Abies sibirica* Ledeb.*)*. Опираясь на обозначенную цель, были решены следующие задачи:

– изучение лесотаксационных параметров пихтовых насаждениий отбор проб хвои пихты сибирской (1-2 года);

– определение количества содержания водорастворимого и валового фтора в хвое пихты сибирской в бассейне реки Базаиха, Красноярского промышленного региона;

Для осуществления поставленных задач руководствовались следующими методиками:

– метод закладки пробных площадей (Таксация леса, 2008);

– отбор хвои (Казимиров, 1983);

– приготовление водной вытяжки по Хлебникову (Азевич,1990);

– методика определения концентрации фторидов потенциометрическим методом с ионселективным электродом (РД 52.24.360-2008).

Первоначально, на выбранных пробных площадях, для полной детализации, велись таксационные работы: были произведены замеры высот и диаметров пихтовых древостоев, а также определен возраст. Средние показатели по всем пробным площадям следующие: $d_{ср}$= 20 см; $A_{ср}$= 46 лет; $h_{ср}$=16 м. Зная средний возраст и диаметр по бонитировочной шкале Орлова был определен промежуточный средний класс бонитета, который равен значению – II. Этот бонитет характеризует насаждения с хорошим показателем продуктивности насаждений, а также качественным условиям роста леса (Орлов, 1929).

Определение водорастворимого фтора осуществлялось в экспериментальной лаборатории кафедры экологии и защиты леса. В работе было получено, что среднее содержание водорастворимого фтора в хвое составляет 0,93±1,05 мг/кг. Концентрации сравнивали с максимально допустимым уровнем (МДУ) в сельскохозяйственной продукции (для грубых и сочных кормов), который равен 20 мг/кг. Данное значение приведено в весе натуральной влажности. Так как в работе для определения фтора, требовался сухой вес хвои, параллельно была определена влажность. В последующем, результаты работы не превысили значение МДУ в весе натуральной влажности, а значит входят в предел допустимых значений.

Следующим этапом химического анализа являлось определение валового фтора в лаборатории Новосибирского института органической химии. В работе было получено, что среднее содержание валового фтора в хвое 411,92±586,23 мг/кг. Традиционно данный параметр сравнивают с кларком в живом веществе. Кларковое число в растениях равно $1 \cdot 10^{-5}$ % (по А.П. Виноградову, 1967), что соответствует 0,1 мг/кг. Следовательно, концентрация фтора очень высока и значительно превышает кларк.

Таким образом, если полученные значения концентрации фторидов в хвое пихты сибирской, сравнить с критическими показателями для хвойных пород, можно наблюдать следующее. Согласно данным Т.А. Михайловой (1989, 2005), в работах которой описаны пороговые концентрации фторидов в хвойных растениях, при значениях фтора выше 0,0215 % от сухой массы, наблюдается сильно угнетение древостоя. В данной работе получено, что содержание фторидов в хвое пихты

сибирской составляет 0,0412 %. Следовательно, одной из причин наблюдаемой сегодня деградации пихтовых насаждений является их ослабление аэротехногенными выбросами алюминиевых заводов.

Библиографический список:

1 РД 52.24.360-2008 Массовая концентрация фторидов в водах. Методика выполнения измерений потенциометрическим методом с ионселективным электродом, 2008 г. [Текст] - Гидрохимический институт. – С. 16.
2 Азевич З. Ф. Руководство к практическим занятиям по методам санитарно-гигиенических исследований [Текст] - [Учебное пособие / З.Ф. Азевич, и др.]; Под ред. Л.Г. Подуновой. - Москва : Медицина, 1990. – С. 303,[1].
3 Виноградов А.П. Введение в геохимию океана. [Текст] – М.: Наука, 1967. – 215 с.
4 Временный максимально-допустимый уровень (МДУ) содержания некоторых химических элементов и госсипола в кормах для сельскохозяйственных животных и кормовых добавках. http://www.consultant.ru/document/ cons_doc_LAW_18598/
5 Михайлова Т.А. – Воздействие фторсодержащих соединений на состояние хвойных лесов Предбайкалье [Текст] / Михайлова Т.А. [и др.] // Лесоведение. N 2. - 2005. – С.38-45.
6 Орлов М.М. Лесная таксация. 3 - е издание. [Текст] - Л.: Изд. журнала Лесное хозяйство и Лесная промышленность, 1929. – С.532.
7 Павлов, И.Н. Древесные растения в условиях техногенного загрязнения [Текст] / И.Н. Павлов // – Улан-Удэ, - 2006. – 360 С.
8 Рожков А.С., Михайлова Т.А. Действие фторсодержащих эмиссий на хвойные деревья [Текст] / А.С. Рожков, Т.А. Михайлова. – Новосибирск, 1989. – 159 с.
9 Филипчук А.Н. Таксация леса: учеб-метод. пособие. [Текст] – М: ГОУ ВПО МГУЛ, 2008. – С. 133.

УДК 676.1.054.1

А.С. Жарникова
Е.В. Грицкевич

ЛАНДШАФТНО-АРХИТЕКТУРНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПАРКА «САДЫ АНГЛИИ» ГОРОДА КРАСНОЯРСКА

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М.Ф. Решетнева»
г. Красноярск

В данной статье представлен ландшафтно-архитектурный анализ проектирования парка «Северное сияние» города Красноярска. Обозначен выбор больших и малых архитектурных форм, элементов озеленения в соответствии с пейзажным ландшафтно-архитектурном стиле.

Актуальность разрабатываемой темы обусловлена тем, что благоустройство и озеленение является неотъемлемой частью зеленого строительства. Все условия разрабатываются для комфортного проживания жителей города, а именно для экологического состояния окружающей среды, улучшения микроклимата в квартирах, общего физического развития, эстетической функции и морального состояния жителей.

Целью работы является разработка планировки и озеленение парка отдыха «САДЫ АНГЛИИ». Данный парк проектировался в городе Красноярске в Советском

районе. Площадь парка составляет 3,72 Га. Рельеф равнинный, участок неправильной формы, окружен жилым массивом и магистралью с северной стороны.

Задачи исследования: разработать детальную планировку парка (проектирование площадок и дорожек, подбор древесных и кустарниковых пород, оптимально подходящих по морфологическим, физиологическим и декоративным качествам для данного района); подобрать и разместить большие и малые архитектурные формы, цветники в соответствии с пейзажным ландшафтно-архитектурным стилем; составить план проекта озеленения территории.

Озеленение в городе играет важную роль, ведь, именно за счет него происходит улучшение микроклимата, повышение рационального пространства для отдыха жителей, формирование архитектурно-художественного облика, повышение комфортности населения.

При формировании системы озеленения необходимо, чтобы размещение объектов было увязано с планировочной структурой города. В идеально запланированном городе система озеленения должна органично «вплетаться» в структуру города, а природный ландшафт – быть основой ее планировки.

Говоря о территориях общего пользования, важно учесть, это доступное для всего городского населения место, где удачное пространственно-композиционное решение озелененного участка позволяет человеку отдохнуть от напряженной городской жизни.

В свою очередь, территории ограниченного пользования являются эстетической составляющей, позволяющей восполнить дефицит общения человека с природой в рабочее время.

Наибольшей популярностью у населения пользуются парки культуры и отдыха. Основное назначение городского парка – обеспечение отдыха посетителей. Основной задачей проектирования и строительства нового или реконструкции существующего парка является создание контрастной по отношению к городу архитектурно-художественной и гигиенической обстановки. Тишина, чередование открытых и затененных пространств, гладь водоем, красочный цветочный убор, живописные группы деревьев и кустарников на фоне газонов, органически включенные в этот природный комплекс, оказывают положительное влияние на нервную систему, настроение и самочувствие посетителей [1,2.3].

Создание такой обстановки выдвигает определенные требования к характеру и архитектуре парковых сооружений. В парке не должно быть крупных сооружений «городского» типа – дворцов культуры большого объема, клубов, театров и так далее. Все сооружения должны отличаться парковой спецификой – ландшафтно-архитектурным стилем, которая находит отражение в объемной, пространственной и декоративной композиции каждого сооружения. Все парковые сооружения – органическая часть данного паркового ансамбля, их объем и цветовая характеристика должны гармонировать с окружающими насаждениями. Существенной особенностью парковых сооружений является возможность их использования летом и зимой.

Ландшафтно-архитектурный стиль – это совокупность основных черт и признаков ландшафта и архитектуры определённого времени и места, проявляющихся в особенностях её функциональной, конструктивной и художественной сторон (приёмы построения планов и объёмов композиций зданий, строительные материалы и конструкции, формы и отделка фасадов, декоративное оформление интерьеров и насаждений). Ландшафтно-архитектурный стиль входит в общее понятие стиля как художественного мировоззрения, охватывающего все стороны искусства и культуры общества в определённых условиях его социального и экономического развития; совокупность главных идейно-художественных особенностей творчества мастера [1,2].

Для проекта парка «САДЫ АНГЛИИ» в качестве основного стиля выбран пейзажный, так как он позволяет максимально передать все прелести настоящей природы и окунуться в атмосферу спокойствия от повседневной суеты.

Пейзажный ландшафтно-архитектурный стиль возник и сформировался в начале восемнадцатого века в Англии как отражение социально-политических и философских представлений эпохи Просвещения. Идея возврата человека назад к природе стала в то время весьма популярной и нашла много сторонников. Для этого стиля характерны такие черты, как: свободная планировка, отсутствие симметрии в расположении объектов, тесная связь сада с окружающим природным ландшафтом, чередование плоских форм с возвышенностями и оврагами, использование особенностей рельефа местности, извилистые дорожки, включение в композицию таких объектов, как альпинарии, природные или искусственные водоемы, каскады, холмы, подпорные стенки, произвольные очертания цветников, водоемов, использование в оформлении природных материалов (натуральный камень, кора, щепа, гравий и галька, деревянные спилы и так далее), отсутствие пышной скульптуры и фонтанов. В соответствии с этим в планируемом парке предусмотрены зоны тихого отдыха для прогулок и зоны активного отдыха для взрослых и детей. Чередование открытых и затемненных пространств, красочные цветники, живописные группы деревьев и кустарников на фоне газонов, скульптуры, искусственный водоем, альпинарий, живые изгороди, включенные в этот природный комплекс скамейки и беседка – все эти элементы органично сочетаются и превращают участок в уютный и функциональный. Проектируемый парк включает в себя зоны для жителей разных возрастов и интересов: детская игровая зона, развлекательная зона для взрослых, зоны тихого отдыха, танцевальная и концертная площадка, два кафе. Все постройки будут просты и удобны для гостей парка, сделаны из дерева, стекла и бетона. Приближены постройки к стилю функционализм. На территории парка установлены следующие малые архитектурные формы: фонтан, скамьи, фонари, урны, игровой комплекс, беседки, а так же планируется озеленение из деревьев, кустарников, цветов и газонных трав, которые вписываются в стилистику парка и климатические условия.

Парк – это открытая озелененная территория, ограждающая нас от суеты. Главной задачей ландшафтного дизайнера является максимально передать атмосферу выбранного стиля, в данном проектируемом парке был осуществлен перенос посетителей в настоящую природу, которой, как будто, не касалась рука человека. Именно поэтому был выбран пейзажный стиль, ведь для нас очень важен такой отдых, где мы можем поразмышлять и расслабиться [2].

В данной работе был разработан план парка, который соответствует задуманному пейзажному стилю и актуальности темы. Учтены все нормы посадок и размещение объектов больших и малых архитектурных форм. Разработана дорожно-тропиночная сеть. Подобраны породы, произрастающие в данных условиях и подходящие по стилю. Составлен план парка в масштабе 1:500. Парк предназначен для отдыха населения города Красноярска.

Библиографический список:

1. Булыгин, Н. Е. Дендрология: учебник / Н. Е. Булыгин, В. Т. Ярмишко – 3-е изд. – М. : ГОУ ВПО МГУЛ,2010. – 528 с. : ил.
2. Сокольская, О.Б. Ландшафтная архитектура: специализированные объекты: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / О.Б. Сокольская, 3. В.С. Теодоронский, А.П. Вергунов. — 2-е изд., стер. — М.: Издательский центр «Академия», 2008. —224 с.
Теодоронский, В.С. Садово-парковое строительство. /В.С. Теодоронский.- М., 2006.- 335 с.

УДК 631.433.55

О.А. Шапченкова[1]
М.А. Шеллер[2]
А.А. Анискина[1]
Э.Ф. Ведрова[1]

ЛЕГКОЛЕТУЧИЕ ОРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ ЛЕСНОЙ ПОДСТИЛКИ ХВОЙНЫХ И ЛИСТВЕННЫХ НАСАЖДЕНИЙ

ФГБУН ФИЦ КНЦ СО РАН – обособленное подразделение Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН[1]; ФБУ "Российский центр защиты леса"–"Центр защиты леса Красноярского края"[2]
г. Красноярск

Проведено исследование химического состава легколетучих соединений (монотерпенов) подстилки хвойных (Larix sibirica Ledeb., Pinus sylvestris L., Pinus sibirica Du Tour, Picea obovata Ledeb.) и лиственных (Betula fruticosa Pall., Populus tremula L.) насаждений. Установлено, что подстилка хвойных насаждений значительно богаче соединениями монотерпеновой фракции как по содержанию, так и по качественному составу по сравнению с лиственными насаждениями. При переходе от подгоризонта OL к OF содержание легколетучих соединений уменьшается как в хвойных, так и в лиственных культурах.

Растительность и подстилка являются основными источниками летучих органических веществ (ЛОВ) в лесных экосистемах. Эмиссия более 90 % ЛОВ носит природный характер, а их вклад в общую массу углерода составляет 1150 Тг ежегодно [3]. Наиболее подвижные летучие органические соединения монотерпены играют важную роль в жизнедеятельности растений и создании фона атмосферы. Вместе с тем, терпены, содержащиеся в растениях и лесной подстилке, особенно в хвойных насаждениях, существенно увеличивают риск возникновения и распространения лесных пожаров вследствие их высокой теплотворной способности, относительно низкой температуры воспламенения и низкого концентрационного предела воспламенения. В связи с тем, что значительная доля ЛОВ выделяется наземной растительностью, большая часть проводимых исследований связана именно с наземным экоярусом [2, 8]. «Мертвый» растительный покров остается мало изученным в качестве источника ЛОВ, хотя его вклад в общую биомассу в лесах бореального пояса оказывается весьма значительным [1]. Цель настоящего исследования – идентификация компонентного состава монотерпенов подстилки хвойных и лиственных насаждений Средней Сибири.

Объектом исследований служила лесная подстилка, отобранная в 40-летних искусственных насаждениях лиственницы (*Larix sibirica* Ledeb.), сосны (*Pinus sylvestris* L.), кедра (*Pinus sibirica* Du Tour), ели (*Picea obovata* Ledeb.), березы (*Betula fruticosa* Pall.) и осины (*Populus tremula* L.). Эксперимент с основными лесообразующими породами Сибири был заложен сотрудниками Института леса и древесины на территории восточной окраины Кемчугской возвышенности (56^{o} 13′ с.ш., 92^{o}19′ в.д.).

Образцы подстилки отбирались в 10-кратной повторности с помощью шаблона диаметром 20 см. Отобранная растительная масса разделялась на три слоя (OL, OF, OH). Для газохроматографического анализа был подготовлен один смешанный образец из 10-повторностей для каждого подгоризонта подстилки хвойных и лиственных насаждений.

Анализ состава летучих органических соединений проводился на хромато-масс-спектрометре «Agilent 5975C-7890A» (США) с использованием парофазного

пробоотборника HeadSpace Sampler G 1888. Вещества разделялись на 30-метровой кварцевой колонке HP-5, в качестве газа-носителя использовался гелий со скоростью потока 1,1 мл/мин. Температурная программа для термостата была следующей: начальный изотермический участок − 50ºС в течение 10 мин, затем нагрев со скоростью 4ºС/мин до 200ºС. Параметры парофазного пробоотборника: температура термостата – 120 °С, температура петли – 130 °С, температура HS-интерфейса – 135 °С, время выдержки образца в термостате пробоотборника – 7 мин. Объем вводимой пробы 1 мкл, с делением потока 1:1. Температура инжектора − 280°С. Идентификацию компонентов проводили методом сравнения, по наличию и соотношению характеристичных ионов-фрагментов с использованием базы данных стандартных образцов из масс-спектральной библиотеки «NIST05a. L» и значениям линейных индексов удерживания, используя программу обработки данных AMDIS (The Automated Mass Spectral Deconvolution and Identification System).

Запасы подстилки в хвойных и лиственных насаждениях представлены на рис. 1. Запасы подстилки в хвойных насаждениях в 2-3 раза выше, чем в лиственных. Данные различия обусловлены разным составом опада и разной скоростью деструкционных процессов. Максимальными запасами подстилки среди хвойных пород характеризуется еловое насаждение, лиственных – березовое. В составе опада хвойных преобладает фракция хвои, лиственных – листья.

Хроматограммы содержат более 100 пиков, отвечающих индивидуальным соединениям. Исследования показали, что относительное содержание монотерпенов в подстилке лиственных насаждений (подгоризонт OL) в 2-6 раз меньше по сравнению с хвойными культурами. По доле монотерпенов в составе летучих органических соединений подстилки (подгоризонт OL) насаждения образуют ряд: лиственница>сосна>кедр>ель>осина>береза (рис. 2). В составе монотерпеновой фракции превалируют α-пинен, камфен, о-цимен (табл.).

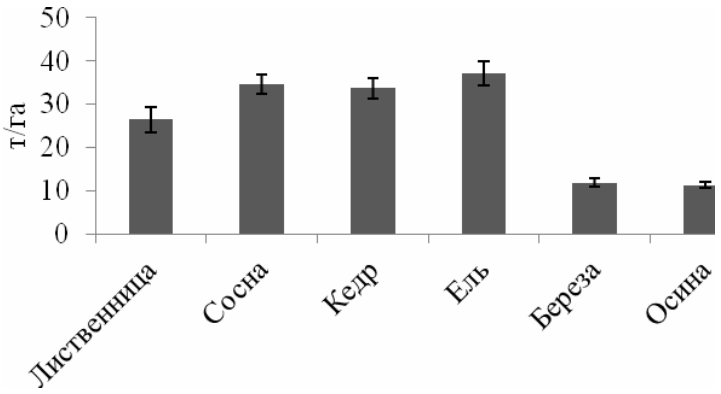


Рисунок 1 - Запасы подстилки в хвойных и лиственных насаждениях

Среди хвойных насаждений наибольшей долей монотерпенов в составе ЛОВ характеризуется подстилка лиственничника, наименьшей − подстилка ельника. Доминирующим компонентом монотерпеновой фракции в подстилке насаждений сосны, кедра, лиственницы является α-пинен, в подстилке елового насаждения – камфен. Преобладание этих соединений выявлено в составе эфирных масел хвои соответствующих пород [6, 7].

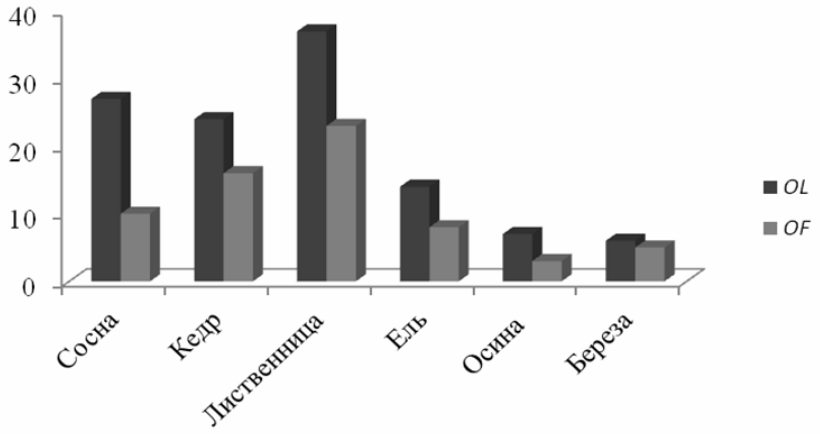


Рисунок 2 - Доля монотерпенов в подгоризонтах подстилки в насаждениях, % от общего содержания ЛОВ

Изучение компонентного состава ЛОВ лесной подстилки лиственных лесов бореальной зоны представляет особый интерес, т.к. в отечественной литературе данные практически отсутствуют. Подгоризонт OL подстилки осинового насаждения характеризуется бóльшей долей монотерпенов в составе ЛОВ по сравнению с березняком. Установлено, что в OL подгоризонте подстилки березового насаждения в составе монотерпеновой фракции преобладают о-цимен, α-пинен и камфен, а в подстилке осинника – α-пинен и камфен.

Таблица 1 - Химический состав монотерпенов OL подгоризонта подстилки в хвойных и лиственных насаждениях

Вещество	Сосна	Кедр	Листвен-ница	Ель	Осина	Береза
Tricyclene	0,286	0,587	0,214	0,492	-	0,331
α-Thujene	1,594	0,226	3,295	1,280	0,418	-
α-Pinene	11,285	12,573	8,081	1,614	4,835	0,807
Camphene	0,933	1,777	1,533	2,536	0,608	0,805
β-Pinene	1,587	0,145	2,466	0,353	-	-
Sabinen	1,342	0,201	3,472	1,305	0,468	-
β-Myrcene	1,606	0,200	1,349	0,652	0,432	-
1,3,8-p-Menthatriene	0,996	1,848	1,631	0,512	-	-
3-Carene	0,691	-	1,123	-	-	-
o-Isopropenyltoluene	-	0,249	-	-	-	-
α-Terpinen	0,651	0,153	1,474	0,632	-	-
o-Cymen	0,183	2,706	3,766	1,080	0,334	1,904
Limonene	1,383	0,766	1,002	1,458	0,330	0,333
m-Cymen	-	0,193	-	-	-	-
τ-Terpinen	0,945	0,288	2,315	0,858	-	0,274
Terpinolen	1,357	-	1,596	0,481	-	0,441
p- Isopropenyltoluene	2,002	1,627	3,227	1,037	-	0,737

*Примечание: * – % от общего содержания ЛОВ; прочерк означает, что вещество не обнаружено.*

Эти данные согласуются с работами других авторов. В частности, исследования, проведенные финским метеорологическим институтом, показали, что в отбираемых (в течение 5 месяцев) пробах воздуха в насаждении *Betula pendula* преобладали такие вещества, как сабинен, α-пинен, β-пинен, о-цимен, в насаждении *Populus tremula* – 3-карен и α-пинен [4]. В составе ЛОВ опада берёзы (*Betula pendula*) и осины (*Populus tremula*) присутствовали вещества монотерпеновой фракции: р-цимен, α-пинен, камфен, лимонен и трициклен [5].

При переходе от подгоризонта OL к OF подстилки доля монотерпенов в составе ЛОВ снижается как для хвойных, так и для лиственных насаждений. Вероятно, это связано с частичным или полным разрушением (улетучиванием) этих соединений в процессе разложения органического вещества подстилки. Например, трициклен, β-пинен, 3-карен не были обнаружены в подгоризонте OF подстилки лиственничника, ельника и сосняка соответственно. Наибольшим содержанием монотерпенов в подгоризонте OF характеризовалась подстилка лиственничника.

Таким образом, газохроматографический анализ показал, что содержание монотерпенов значительно выше в подстилке хвойных насаждений по сравнению с лиственными. Среди изученных насаждений подстилка лиственничника характеризуется наибольшей долей монотерпенов в составе ЛОВ. Вследствие разложения органического вещества в подгоризонте OF подстилки хвойных и лиственных насаждений содержание монотерпенов снижается.

Библиографический список:

1. Исидоров В.А. Летучие выделения растений: состав, скорость эмиссии и экологическая роль. – С.-Петербург: «Алга-Фонд». Ассоциации «Алга». – 1994. – 188с.
2. Guenther A. The contribution of reactive carbon emissions from vegetation to the carbon balance of terrestrial ecosystems. // Chemosphere. – 2002. – V.49. – P.837–844.
3. Guenther A., Hewitt C.N., Erickson D., Fall R., Geron C., Graedel T., Harley P., Klinger L., Lerdau M., McKay W.A., Pierce T., Scholes B., Steinbrecher R., Tallamraju R., Taylor J. & Zimmerman P.. A global model of natural volatile organic compound emissions. // Journal of Geophysical Research. – 1995. – V.100. – P.8873–8892.
4. Hakola H., Biogenic volatile organic compound (VOC) emission from boreal deciduous trees and their atmospheric chemistry.: Finnish Meteorological Institute. – 2001. – No. 34. – P.57.
5. Isidorov V., Jdanova M. Volatile organic compounds from leaves litter // Chemosphere. – 2002. – Vol.48. – P.975-979.
6. Kubeczka K.-H., Schultze W. Biology and Chemistry of Conifer Oils. // Flavour and fragrance journal. – 1987. – V.2. – P.137-148.
7. Noe S. M., Ciccioli P., Loreto F., Niinemets Ü. Emissions of linalool and ocimene respond differently to environmental changes due to differences in physico-chemical charcteristics. // Atmospheric Environment. – 2006. – Vol. 40(25) – P. 4649 – 4662.
8. Steinbrecher R., Smiatek G., Köble R., Seufert G., Theloke J., Hauff K., Ciccioli P., Vautard R., and Curci G. Intra- and inter-annual variability of VOC emissions from natural and seminatural vegetation in Europe and neighbouring countries. // Atmos. Environ. – 2009. – V.43. – P.1380–1391.

УДК 630+ 182.47

О.С. Дашеева

ЛЕСОВОЗОБНОВЛЕНИЕ В РЕКРЕАЦИОННЫХ СОСНЯКАХ ГОРОДСКОГО ЛЕСНИЧЕСТВА РЕСПУБЛИКИ БУРЯТИЯ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный аэрокосмический университет»
г. Красноярск

Муниципальное автономное учреждение «Городское лесничество» расположено на территории городского округа г. Улан-Удэ республики Бурятия. Наиболее распространенной лесорастительной формацией здесь являются сосновые насаждения (около 7 тысяч га), которые, согласно целевому назначению, выполняют защитную функцию.

При современном уровне развития туризма и отдыха, леса вокруг крупных городов представляют собой нередко распадающиеся биогеоценозы [3]. Данное положение вполне приемлемо и для пригородных лесов столицы республики с населением более 400 тысяч человек, которые в той или иной степени могут являться потенциальными рекреантами. Отдельные лесные участки, особенно непосредственно примыкающие к жилью и садовым участкам, подвергаются усиленной рекреации круглогодично, что сопровождается вытаптыванием, механическими повреждениями нижних ярусов растительности, замусоренностью территории, разведением костров и т.д.

При выявлении влияния рекреационных нагрузок на состояние лесного биогеоценоза изучение естественного возобновления имеет особое значение. Необходимо знать, в каком направлении происходит смена пород в составе подроста, как изменяются показатели его роста и состояния с тем, чтобы определить, какие меры необходимо принять для содействия естественному возобновлению основной породы и регулировать направление этого процесса [2].

Из литературы известно, что в пригородных лесах Новосибирска, Красноярска на участках с площадью уплотненной поверхности почвы более 30% отмечается сокращение общего количества подроста, преобладание крупномерных экземпляров, большой процент его поврежденности и в целом слабое или чаще неудовлетворительное возобновление [3, 2].

Цель проведенных нами исследований заключалась в оценке хода естественного возобновления пригородных сосняков Улан-Удэ в условиях рекреационных нагрузок различной интенсивности. Наличие молодого поколения леса, его обилие, состав и состояние под пологом насаждений характеризуют их устойчивость против влияния разнообразных, в том числе и антропогенных факторов.

Для изучения процесса естественного возобновления было заложено 6 пробных площадей, из которых 2 – контрольные (без нагрузок), а остальные 4 – в насаждениях с рекреационными нагрузками разной интенсивности. Величина рекреационной нагрузки определялась косвенно, через разную степень вытоптанности территории: от 10 до 40% площади участка. Таксационная характеристика объектов исследования представлена в таблице 1. Исследовались чистые по составу древостои V класса возраста, 4 класса бонитета, с полнотой 0,5-0,9, с запасом стволовой древесины от 100 до 260 м^3/га.

Пробная площадь 1 заложена в северном направлении в 15 км от городского жилого массива в относительно нетронутом рекреацией чистом по составу сосняке разнотравном. Подрост отсутствует. Подлесок средней густоты представлен кизильником черноплодным (Cotoneaster melanocarpus) и рододендроном даурским (Rhododendron dauricum). Живой напочвенный покров состоит в основном из осоки

большехвостой (Carex mocraura), бадана толстолистного (Bergenia crassifolia), земляники лесной (Fragaria vesca), прострела раскрытого (Pulsatilla patens), колокольчика сибирского (Companula sibirica), грушанки круглолистной (Pyrola rotindifolia), камнеломки сибирской (Saxifraga sibirica) и других видов.

Заметных нарушений почвенного покрова не отмечено. Здесь наблюдаются летние виды рекреации, связанные со сбором грибов и ягод.

Таблица 1 – Таксационная характеристика сосняков разнотравных Городского лесничества Республики Бурятия

№ пр.пл.	Площадь троп, %	Возраст, лет	Средние		Полнота	Бонитет	Запас, $м^3$/га	Густота, шт/га
			H, м	D, см				
1	-	100	9,0	24,2	0,9	4	260	684
2	-	95	8,3	24,1	0,9	4	240	649
3	10	90	8,0	24,0	0,8	4	220	595
4	20	90	8,3	22,0	0,6	4	160	593
5	30	90	7,1	22,4	0,6	4	140	538
6	40	90	6,0	18,3	0,5	4	100	500

Пробная площадь 2 заложена к северо-востоку в 12 км от городского жилого массива в относительно нетронутом рекреацией насаждении в чистом по составу сосняке разнотравного типа леса. Подрост отсутствует. Подлесок средней густоты представлен кизильником черноплодным и рододендроном даурским. Живой напочвенный покров состоит в основном из купены лекарственной (Polygonatum odoratum), осоки большехвостой, бадана толстолистного, земляники лесной (Fragaria vesca), прострела раскрытого (Pulsatilla patens), колокольчика сибирского (Companula sibirica), грушанки круглолистной (Pyrola rotindifolia) и других видов.

Нарушенность почвенного покрова отсутствует. Здесь также наблюдаются летние виды рекреации, связанные с утилитарным использованием (сбор грибов и ягод).

Пробная площадь 3 заложена в 5 км от жилой застройки в сосняке разнотравного типа леса. Подрост представлен сосной обыкновенной и осиной (6С4Ос) пятилетнего возраста в количестве 1,0 тыс. шт/га, имеющий среднюю высоту 1,0 м. Подлесок средней густоты с преобладанием спиреи альпийской (Spirea alpina) и шиповника иглистого (Rosa acicularis). Живой напочвенный покров состоит в основном из осоки большехвостой, купены лекарственной, герани лесной (Geranium sylvaticum), горошка мышиного (Vicia cracca), колокольчика сибирского, земляники лесной и других видов.

Площадь троп и вытоптанных участков составляет 10%. Насаждение испытывает преимущественно летние виды рекреации: отдых по выходным дням, пикники, прогулки, а также утилитарная рекреация: сбор грибов, лекарственного сырья.

Пробная площадь 4 заложена вблизи реки Нижнеберезовская, которая используется населением в качестве объекта водной рекреации, в чистом сосняке разнотравного типа леса. Подрост представлен сосной обыкновенной, березой повислой и осиной (7С2Б1Ос) десяти лет, в количестве 1,5 тыс. шт./га, имеющий среднюю высоту 1,5 м.

Подлесок средней густоты представлен Cotoneaster melanocarpus и Rhododendron dauricum. Живой напочвенный покров состоит в основном из прострела раскрытого

(Pulsatilla patens), осоки большехвостой, горошка мышиного, хвоща лугового (Equisetum pratense), голубики обыкновенной (Vaccinium uliginosum) и других видов.

Площадь троп и вытоптанных участков составляет 20%. Здесь преобладают различные виды рекреации (прогулочный отдых в выходные дни, плавание, пикники, прогулки, занятия спортом), зимой – катание на лыжах, пешие прогулки.

Пробная площадь 5 заложена в 3 км от жилого массива в чистом сосняке разнотравного типа леса. Подрост и подлесок отсутствуют. Живой напочвенный покров состоит в основном из подорожника среднего (Plantago media), пырея ползучего (Elytrigia repens), клевера ползучего (Mifdium repens), хвоща лугового (Equisetum pratense) и других видов.

Площадь троп и вытоптанных участков составляет 30%. Здесь преобладают как летние виды рекреации (прогулочный отдых в выходные дни, пикники, прогулки, занятия спортом, утилитарная рекреация), так и зимние виды – катание на лыжах, пешие прогулки.

Пробная площадь 6 заложена в 1 км от жилого массива в чистом по составу сосняке разнотравного типа леса. Подрост представлен березой повислой, осиной и сосной обыкновенной (8Б1Ос1С) в количестве 1,0 тыс. шт/га, средний возраст подроста 2 года, и средняя высота 1,0 м. Подлесок средней густоты представлен рододендроном даурским. Живой напочвенный покров состоит в основном из подорожника среднего, пырея ползучего, клевера ползучего. Участие других видов травостоя незначительно.

Площадь троп и вытоптанных участков достигает около 40%. Здесь преобладают как летние виды рекреации (прогулочный отдых в выходные дни, пикники, прогулки, занятия спортом, утилитарная рекреация), так и зимние виды – катание на лыжах, пешие прогулки.

В таблице 2 приведены результаты изучения процесса естественного возобновления в исследуемых насаждениях.

Таблица 2 - Характеристика естественного возобновления в сосняках разнотравных в зависимости от площади троп и вытоптанных участков

№ пр.пл./ площадь троп, %	Характеристика подроста							
	состав	количество, в том числе						
		всего шт./га%	по группам высот, м %			по состоянию, %		
			<0,5 м	0,6 -1,5 м	>1,5 м	благо-надежные	сомни-тельные	усохшие
1/0	-	-	-	-	-	-	-	-
2/0	-	-	-	-	-	-	-	-
3/10	6С4Ос	1000/100	31	50	19	82	17	1
4/20	7С2Б1Ос	1500/100	15	53	32	63	27	10
5/30	-	-	-	-	-	-	-	-
6/40	8Б1Ос1С	1000/100	27	48	25	31	37	32

На двух контрольных пробных площадях (1 и 2) подрост практически отсутствует, что объясняется неприемлемыми условиями для произрастания светолюбивого подроста сосны, обусловленные высокой полнотой древостоя. По мере увеличения нарушенности территории, ухудшаются его количественные и качественные характеристики. На рекреационных участках (пр.пл.3-6) количество экземпляров молодого поколения леса, на 70% представленного сосной, не превышает 1,5 тыс. шт/га более половины из которых хорошего качества. По мере дальнейшего увеличения рекреационной нагрузки, подрост либо вообще отсутствует (пр.пл.5), либо из 1 тыс. экземпляров на 1 га 90% состава представлено малоценными лиственными

породами, устойчивыми к нагрузкам – березой и осиной со средним возрастом – 2 года.

В процессе изучения состояния естественного возобновления в исследованных насаждениях установлено, что по мере увеличения площади троп и вытоптанных участков до 40% происходит увеличение количества экземпляров подроста из категории «сомнительных» и «усохших». Так при вытоптанности территории до 10% количество «благонадежных» экземпляров достигает 82%, доля «сомнительных» и «усохших» 17 и 1% соответственно. При увеличении нарушенности территории до 40% происходит уменьшение доли «благонадежных» в 2,6 раза и увеличение доли «сомнительных» и «усохших» экземпляров соответственно в 2,2 и 32 раза.

Анализируя высотную структуру подроста (таблица 2) видим, что 48-53% экземпляров приходится на группу «среднего подроста», «мелкого» - от 15 до 31%, «крупного» - 19-32%.

Из литературы известно, что рекреация уничтожает мелкий подрост механическим путем, выживает боле крупный, который расположен вдали от троп.

Так на мало нарушенных участках (пробные площади 3,4) отмечается равномерное размещение экземпляров подроста по площади. На сильно нарушенном участке (пробная площадь 6) отмечается групповое размещение подроста в стороне от троп, а также наблюдается его приуроченность к приствольным кругам, что для светолюбивого подроста является нетипичным.

То есть с ростом рекреационных нагрузок в сосняках разнотравных естественное возобновление нарушается. С усилением процессов дигрессии изменяется его породный состав, средний возраст, общее количество и равномерность распределения по площади.

Чем выше рекреационные нагрузки, тем больше экземпляров подроста имеют механические повреждения. Это отражается на их жизнедеятельности и проявляется в снижении прироста верхушечного побега.

Во всех исследованных сосняках разнотравных лесничества ход естественного возобновления, согласно шкалы Г.В. Крылова [1], оценивается как неудовлетворительный. Данный факт обусловлен влиянием рекреации, а при ее отсутствии – высокой сомкнутостью полога древостоя. В качестве выхода из создавшейся ситуации можно рекомендовать проведение санитарных рубок, способствующих снижению полноты древостоя, а также такие меры содействия естественному возобновлению леса как минерализация почвы в условно ненарушенных лесах и на деградирующих участках.

Библиографический список:

1. Крылов, В.Г. Леса Западной Сибири / Г.В. Крылов. – М.: АН СССР, 1961. – 255 с.
2. Кузьмина, Г.П. Влияние рекреации на сосновые леса зеленой зоны г. Красноярска: автореф. дисс. канд. сельхоз. наук / Г.П. Кузьмина. – Красноярск: ИЛиД СО АНСССР, 1982. – 25 с.
3. Таран, И.В. Устойчивость рекреационных лесов / И.В. Таран, В.Н. Спиридонов. – М.:Наука, 1977. – С. 5-160.

УДК 630.53

О.С.Артемьев

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИАМЕТРА НА ВЫСОТЕ ГРУДИ ПО ДИАМЕТРУ ШЕЙКИ КОРНЯ У ОСНОВНЫХ ПОРОД ДЕРЕВЬЕВ Г.КРАСНОЯРСКА

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М.Ф. Решетнева»
г.Красноярск

В статье приведены корреляционные формулы и разработанная на их основе таблица, позволяющая определить диаметр на высоте 1,3 м по диаметру шейки корня стволов тополя бальзамического и вяза мелколистного в условиях г.Красноярска. Данная таблица позволяет оценить диаметр на высоте груди в тех случаях, когда требуется указывать диаметр дерева на высоте 1,3м при инвентаризации насаждений, а ствол дерева разветвляется на несколько стволов ниже 1,3 м, а также в том случае, если требуется оценить восстановительную стоимость снесенного ранее дерева.

*В н*астоящее время при санкционированном городской администрацией сносе деревьев организация, производящая рубку деревьев, обязана внести в городской бюджет так называемую “восстановительную” стоимость дерева [1]. Полученные средства идут на посадку деревьев, с тем, чтобы количество деревьев в городе не уменьшалось. Восстановительная стоимость определяется в минимальных размерах оплаты труда, в зависимости от породы и диаметра на высоте груди дерева.

При пользовании вышеприведенной таблицей возникают следующие проблемы:

1. Невозможно измерить диаметр на высоте 1,3 м, а также оценить восстановительную стоимость у деревьев, ствол которых разделяется на несколько стволов ниже 1,3 м.
2. При несанкционированном сносе дерева невозможно измерить $Д_{1,3}$ для того, чтобы оценить величину штрафа.

В настоящее время на предприятиях зеленого хозяйства г. Красноярска для определения диаметра такого дерева измеряют диаметр обоих стволов и находят их среднее арифметическое, это ведет к существенному занижению восстановительной стоимости деревьев.

Опрос, проведенный в организациях, занимающихся зеленым хозяйством, показал, что специалисты при определении восстановительной стоимости, для расчета штрафа в случае несанкционированного сноса, когда от дерева остается только пень, определяют диаметр на высоте груди примерно, основываясь на собственном опыте. Это приводит к значительным ошибкам.

Для того, чтобы можно было определить восстановительную стоимость не только по $Д_{1,3}$, но и по диаметру шейки корня ($Д_0$), была проделана работа по расчету зависимости диаметра на высоте груди от диаметра шейки корня.

Уравнения зависимости диаметра на высоте груди от диаметра шейки корня для г. Красноярска были составлены для двух пород – тополя бальзамического и вяза мелколистного. По данным исследований автора, эти породы являются одними из наиболее представленных в насаждениях Красноярска [2].

Для получения таблицы было измерены диаметры шейки корня и диаметры на высоте груди у 400 деревьев (200 тополей и 200 вязов) в диапазоне от 4 до 64 см в

четырех (Центральный, Свердловский, Советский и Железнодорожный) районах Красноярска. Количество измерений по ступеням толщины равномерное.

Обработка результатов измерений показала, что существует прямая линейная зависимость между диаметром на высоте груди и диаметром шейки корня.

Уравнение связи для вяза мелколистного имеет следующий вид:

$$Д_{1,3} = Д_0 * 0.9326 – 3,0816, \quad (1)$$

Коэффициент корреляции 0,98.

Уравнение связи для тополя бальзамического имеет следующий вид:

$$Д_{1,3} = Д_0 * 0,9213, \quad (2)$$

Коэффициент корреляции - 0,98.

На основе полученных взаимосвязей были составлена таблица 1.

Таблица 1 - Зависимость диаметра на высоте груди от диаметра шейки корня

Диаметр шейки корня, см	$Д_{1,3}$, см, у тополя бальзамического	$Д_{1,3}$, см, у вяза мелколистного
8	7,4	4
12	10,8	8
16	14.4	12
20	18.0	16
24	21.6	20
28	25.2	24
32	28.8	28
36	32.4	32
40	36.0	-
44	39.6	-
48	43.2	-
52	46.8	-
56	50.4	-
60	54.0	-

Библиографический список:

1. Постановление администрации города Красноярска от 21.06.2006 № 535. Методика определения восстановительной стоимости зеленых насаждений в случае их вынужденного сноса или повреждения

2.Артемьев, О. С. Методы таксации городских насаждений / О. С. Артемьев. – Красноярск: СибГТУ, 2003. – 100 с.

УДК 574.4

И.В. Токарева
А.С. Прокушкин

ОСОБЕННОСТИ ИОННОГО СТОКА В РУЧЬИ КРИОЛИТОЗОНЫ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЭВЕНКИИ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ПОЖАРОВ

ИЛ СО РАН, ФИЦ КНЦ СО РАН
г. Красноярск

В работе было исследовано воздействие пожаров на содержание ионов в подстилках лиственничников и березняков и ионный сток в малые водотоки в условиях криолитозоны. Более высокие концентрации хлорид-, фосфат- и сульфат-ионов были обнаружены в сгоревших подстилках по сравнению с контролем, а также непосредственно в ручьях, дренирующих пирогенные водосборы. В лабораторном

эксперименте максимальное образование хлорид- и сульфат-ионов происходит при 400°С.

Особенности экологических условий в криолитозоне, а именно значительные запасы органического материала на поверхности почвы, небольшой минеральный слой и наличие водоупорного многолетнемерзлого горизонта обуславливают существенный вынос веществ органической природы с поверхностным стоком в ручьи и реки. Обратная картина характера неорганическим ионам, вынос которых из почвенного профиля ограничен маломощным деятельным слоем и заторможенностью процессов выветривания пород. Существенные коррективы в биогеохимические процессы, количественный и качественный состав выносимого материала вносят частые и интенсивные пожары, которые являются непременным атрибутом функционирования лиственничных биогеоценозов криолитозоны Средней Сибири. Как правило, здесь преобладают низовые пожары, различающиеся по силе и продолжительности [1; 2; 5]. Ежегодная площадь пожаров может составлять более 1% от общего распространения лиственничных биогеоценозов [1; 3; 5].

Целью данной работы было оценить влияние пирогенного фактора на содержание неорганических ионов в органических горизонтах почв и состав ионного стока малых водотоков криолитозоны Средней Сибири.

Исследования проводились на базе Эвенкийского ОЭП ИЛ СО РАН (п. Тура) в Центральной Эвенкии. Объектами изучения были подстилки березняка и лиственничника, отобранные сразу после пожара на гари 2013 г. (до прохождения осадков), а также по истечению 2 лет. В качестве контроля послужили подстилки березняка и несколько вариантов лиственничников зеленомошных, сходных по возрасту (110 лет), гидротермическим условиям (склоны северной экспозиции), накоплению органического материала на поверхности почвы (> 3 кгС/м^2) и видовому составу растительного покрова.

В лабораторных условиях отобранные образцы подстилок контрольных насаждений были подвержены термическому воздействию при температурах 200, 400 и 600°С в течение 3 ч, имитирующих пирогенное воздействие разной интенсивности.

Для определения содержания главных ионов были получены водные вытяжки отобранных образцов (отношение образец-вода – 1:20) после экстракции в течение 1 сут. при комнатной температуре. Водные вытяжки фильтровались через нитроцеллюлозный фильтр (диаметр пор 0,45 μм, Millipore, UK).

Образцы воды руслового стока отбирались у 19 ручьев, дренирующих контрольные и пройденные пожаром водосборы, в течение безморозного периода с периодичностью 5-10 дней на протяжении двух лет. Отобранные образцы также фильтровались через нитроцеллюлозный фильтр (диаметр пор 0,45 μм, Millipore, UK)

Все водные образцы и экстракты подстилок были проанализированы с помощью ионного хроматографа Dionex-1100.

Изучение экстрактов подстилок сразу после пожара выявило существенное возрастание концентрации хлоридных (в 2-3 раза), фосфатных (в 2,5-7 раз) и сульфатных (в 19-45раз) ионов в сравнении с контролем (рисунок 1). Повышенные значения концентраций фосфат-ионов отмечены в подстилках через два года после прохождения пожара, тогда как хлорид- и сульфат-ионы оказались близки значениям контрольных насаждений. Вместе с тем, достоверные различия обнаружены между пирогенными горизонтами ($О_{руг}$) гарей в разных типах леса.

Так, для подстилок пирогенных березняков содержание $С_{неорг}$ в 5 раз выше, по сравнению с лиственничниками (24,6 и 4,7 мг/л, соответственно). Также им характерны повышенные значения сульфат-ионов (167,9 и 159 мг/л), при существенно более низком содержании фосфат-ионов (12,4 и 81,6).

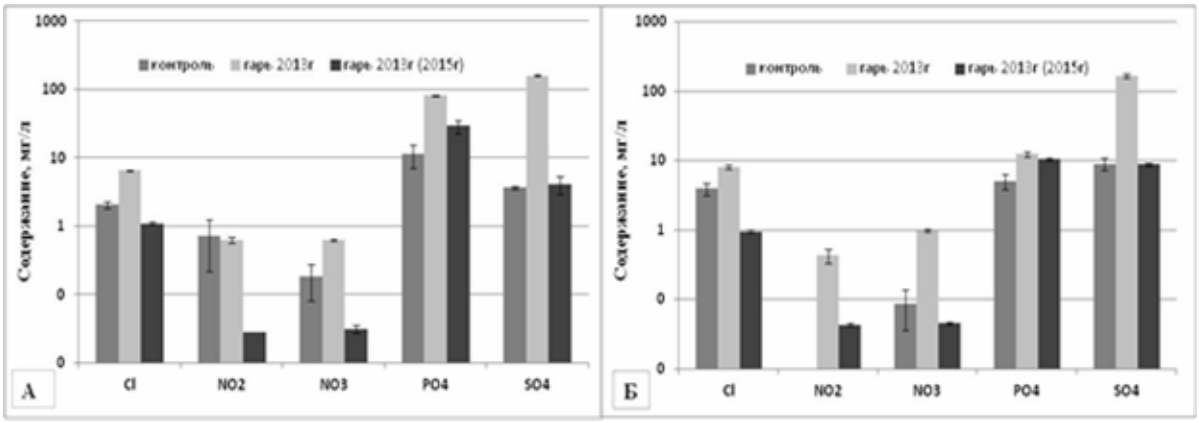


Рисунок 1 - Содержание ионов в подстилках после пожара, через 2 года после пожара и на контрольных участках в лиственничниках (А) и березняках (Б).

Исследованние подстилки также отличаются по своей термоустойчивости. Так, например, для лиственничников при термическом воздействии в 200°С характерна потеря массы на 20-52%, а для березняков – 45-55% [4]. Подстилки с гарей, подвергнутые нагреванию в 200°С, показали потерю массы только на 13-17%. Лабораторный эксперимент по различному температурному воздействию также позволил выявить, что нагревание до 400°С приводит к максимальному выходу хлорид- (в 5-8 раз выше, по сравнению с контролем) и сульфат-ионов (выше в 42-113 раз) (рисунок 2.). Кислотность экстрактов при этом уменьшается с 4,5 до 8,5.

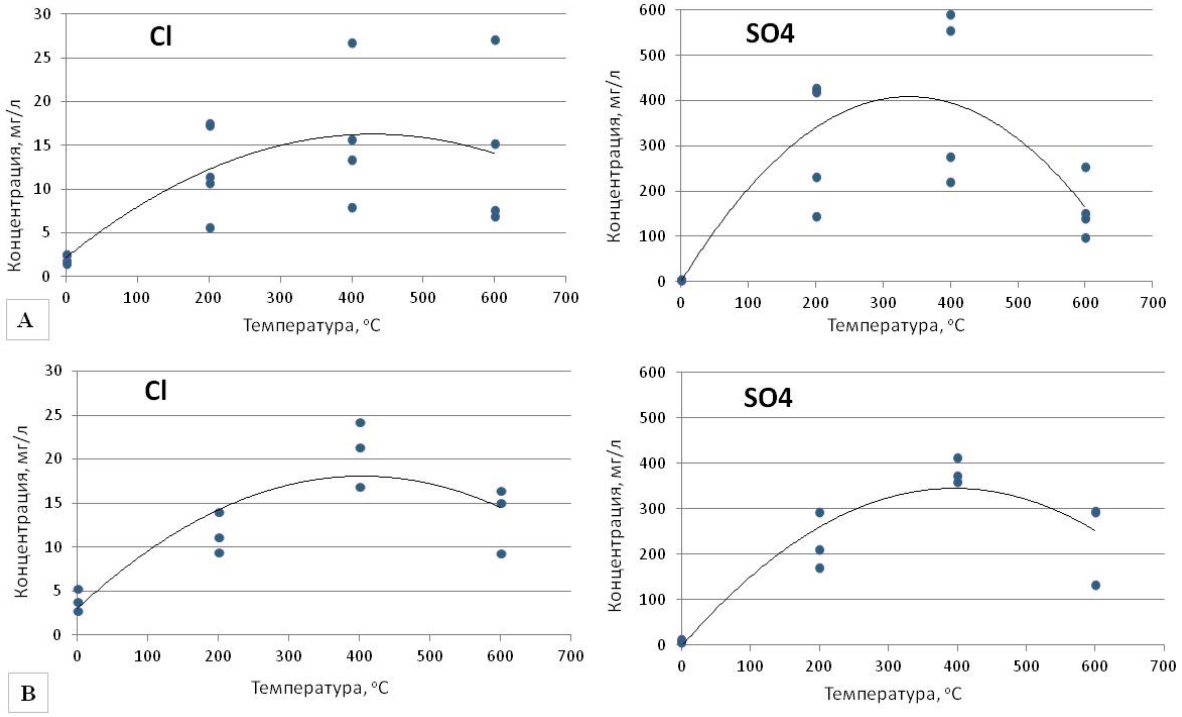


Рисунок 2 - Изменение содержания хлорид- и сульфат-ионов в подстилках лиственничников (А) и березняков (Б) при различном температурном воздействии

Изучение динамики содержания ионов в поверхностных водах показало, что в ручье, дренирующем водосбор, пройденный пожаром в 2013 г., концентрации сульфат-иона в вегетационный период до момента пожара были на уровне 0,03-0,2 мг/л, а после пожара увеличились до 14-20 мг/л. Также возросло содержание хлорид-иона с 0,02-0,2 до 0,3-0,7, гидрокарбонат-иона с 8,3-18,8 до 24,1-26,9 мг/л, ионов кальция - с 3,5-5,0 до

4,2-7,1 мг/л и магния – с 1,4-2,7 до 2,4-4,2 мг/л. Повышенные значения для этих ионов отмечались также и на следующий год. В.П. Шестеркин и др. (2009) [6] также отмечает высокие концентрации этих ионов в поверхностых водах при горении торфяных болот.

Анализ долгосрочной динамики ионов в малых водотоках, дренирующих пирогенные водосборы разной давности пожаров, показал, что пик концентраций большинства неорганических ионов наблюдается в период 20-25 лет после пожара, соответсвуя максимуму глубины сезонно-талого слоя. Восстановление исходных уровней концентраций наблюдается через 50 лет после воздействия термического фактора. При этом сульфат-ион выступает в качестве индикатора пирогенного воздействия.

Таким образом, из золы, сгоревших и обугленных остатков пирогенно измененных органических горизонтов почвы происходит увеличение ионного стока в ручьи, дренирующие территории пройденные пожарами. В наибольшей степени после термического воздействия повышается вынос ионов кальция и магния, сульфатных, фосфатных и хлоридных ионов. Наблюдаемый эффект сохраняется в течение нескольких десятилетий после пожара.

Библиографический список:

1. Sofronov, M.A. On area burnt by wild fires in the northern part of Central Siberia / M.A. Sofronov [et al] // Proc. of the Sixth Symposium on the Joint Siberian Permafrost Studies between Japan and Russia in 1997.- Japan, Tsukuba, 1998.- P. 139–146.
2. Абаимов, А.П. Эколого-фитоценотическая оценка воздействия пожаров на леса криолитозоны Средней Сибири / А.П. Абаимов, С.Г. Прокушкин, О.А. Зырянова // Сиб. экол. журн. - 1996.- № 1.- С. 51–60.
3. Конард, С.Г. Дифференцированный подход к количественной оценке эмиссии углерода при лесных пожарах / С.Г. Конард, Г.А. Иванова // Лесоведение.- 1998. - № 3. - С. 28–35.
4. Прокушкин, А.С. Влияние нагревания на органическое вещество лесных подстилок и почв в условиях эксперимента / А.С Прокушкин., И.В. Токарева // Почвоведение. - 2007.- № 6. - С. 698–706.
5. Харук, В.И. Пространственно-временная динамика пожаров в лиственничных лесах северной тайги средней Сибири / В.И Харук, М.Л. Двинская, К.Дж. Рэнсон. // Экология. - 2005.- № 5.- С. 1–10.
6. Шестеркин, В.П. Влияние торфяных пожаров на химический состав снежного покрова и поверхностных вод / В.П. Шестеркин, Н.М. Шестеркина, Ю.А. Форина // География и природные ресурсы. – 2009. - №1. – С. 49-54.

УДК 630.273

В.Е. Максименко
Л.Н. Сунцова
Е.М. Иншаков

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СРЕДЫ ПО АСИММЕТРИИ ЛИСТЬЕВ ЧЕРЕМУХИ ОБЫКНОВЕННОЙ, ПРОИЗРАСТАЮЩЕЙ В РАЗЛИЧНЫХ РАЙОНАХ ГОРОДА КРАСНОЯРСКА

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева»
г. Красноярск

Проанализированы результаты степени флуктуирующей асимметрии листьев черемухи обыкновенной (Padus avium, Prunus avium, Prunus padus), произрастающей в

различных районах г. Красноярска. На основании полученных результатов проведена оценка экологического состояния различных районов города.

Биомониторинг является составной частью экологического мониторинга - слежения за состоянием окружающей среды по физическим, химическим и биологическим показателям. Биоиндикаторы - организмы или сообщества организмов, присутствие, количество или особенности развития которых служат показателями естественных процессов, условий или антропогенных изменений среды обитания [4]. Оптимальным объектом биоиндикации являются растения. Растения, как продуценты экосистемы, в течение всей своей жизни привязаны к локальной территории и подвержены влиянию почвенной и воздушной сред, наиболее полно отражающих весь комплекс стрессирующих воздействий на экосистему[3].

Цель данного исследования – оценка экологического состояния среды г. Красноярска по флуктуирующей асимметрии листьев черемухи обыкновенной.

Пробные площади для проведения исследования были заложены в разных районах г. Красноярска. Первая пробная площадь заложена на окраине города в Ботаническом саду им. Вс. М. Крутовского и принята за условно чистый район. Вторая пробная площадь заложена на правом берегу г. Красноярска, в микрорайоне «Фестивальный», на пересечении ул. Рейдовая и ул. Одесская. Третья пробная площадь - на левом берегу г. Красноярска, в микрорайоне «Зеленая роща», на пересечении ул. Тельмана и ул. Устиновича.

Для проведения исследования использовалась методика, в основу которой положена теория о том, что различие между левой и правой половинками листа коррелирует со степенью общей нарушенности окружающей среды [1]. С каждого листа снимали показатели по 5-ти параметрам с левой и правой стороны листа: ширина листа, длина второй жилки второго порядка от основания листа, расстояние между основаниями первой и второй жилок второго порядка, расстояние между концами этих жилок, угол между главной жилкой и второй от основания жилкой второго порядка.

Величина асимметричности оценивалась с помощью интегрального показателя – величины среднего относительного различия на признак (средняя арифметическая отношения разности к сумме промеров листа слева и справа, отнесенная к числу признаков) [2,3]. Полученный показатель характеризует степень асимметричности листа, по которой с помощью пятибалльной шкалы (Захаров В.М., Крысанов Е.Ю., 1996) оценивалось экологическое состояние среды.

Данные показателей степени асимметричности листьев черемухи обыкновенной представлены в таблице.

Таблица 1 – Показатели степени асимметричности листьев черемухи обыкновенной, произрастающей в различных районах г. Красноярска

Место сбора	Значение показателя асимметричности	Балл	Качество среды
1 Пробная площадь – Сад Крутовского (условно чистый район)	0,047	1	Условная норма
2 Пробная площадь – ул. Рейдовая	0,055	2	Начальные (незначительные) отклонения от нормы
3 Пробная площадь – ул. Тельмана	0,062	3	Средний уровень отклонения от нормы

Проведенное исследование показало, что черемуха обыкновенная, в условиях города Красноярска, подвержена стрессирующим воздействиям различного типа, вызывающих в живых организмах изменения гомеостаза (стабильности развития). Наибольшая степень отклонения выявлена на третьей пробной площади, значение показателя ассиметричности составило 0,062, что по приведенной шкале соответствует среднему уровню отклонения от нормы.

Полученные результаты можно объяснить особенностями расположения пробных площадей относительно источников загрязнения. Ботанический сад им. Вс. М. Крутовского (пробная площадь №1), который был принят за условно чистый район, располагается на окраине города, рядом с Государственным заповедником «Столбы», где нет источников загрязнения, кроме автомобильной дороги. Об условно нормальном состоянии среды в данной местности свидетельствует показатель асимметричности листьев черемухи обыкновенной, равный 0,047. Основными источниками загрязнения атмосферы в районе пробной площади №2 (ул. Рейдовая) являются ТЭЦ-1 и автомобильный транспорт, влияние которых отразилось в показателе асимметричности листьев. Значение асимметричности листьев черемухи в районе ул. Рейдовая, равное 0,055, говорит о незначительных отклонениях от нормы качества среды. Пробная площадь №3 располагается в самом экологически неблагоприятном районе города Красноярска. Основным источником загрязнения атмосферы в данном районе является Красноярский алюминиевый завод (КрАЗ), являющийся самым вредным предприятием города. Также значительное влияние на растительность пробной площади №3 (ул. Тельмана) оказывает автомобильный транспорт. Удаленность пробной площади от ул. Тельмана – 30 м. Однако именно в этом месте наблюдается наибольшее скопление машин, а в утренние и вечерние часы - образование автомобильной пробки. Перпендикулярно ул. Тельмана проходит проспект Металлургов – магистраль городского значения. Загруженность автотранспортом данных дорог очень велика.

Данные исследования показали, что наиболее неблагоприятная экологическая обстановка отмечена в районе улицы Тельмана (Советский район), что связано с деятельностью КрАЗа и автомобильным транспортом. Меньшая степень загрязнения среды – в районе ул. Рейдовая (Ленинский район). Более благоприятное экологическое состояние среды было отмечено в районе Ботанического сада им. Вс. М. Крутовского.

Библиографический список:

1. Боголюбов, А.С. Оценка экологического состояния леса по асимметрии листьев: учеб. пособие. / А.С. Боголюбов. - «Экосистема», 2002. - 10с.
2. Захаров, В. М. Здоровье среды: практика оценки. Центр экологической политики России, Центр здоровья среды./ В. М. Захаров, А. Т. Чубинишвили, С. Г. Дмитриев, А. С. Баранов, В. И. Борисов, А. В. Валецкий, Е. Ю. Крысанов, Н. Г. Кряжева, А. В. Пронин, Е. К. Чистякова. – М., 2000. – 320 с.
3. Захаров, В. М., Здоровье среды: практика оценки. Оценка состояния природных популяций по стабильности развития: методическое пособие для заповедников / В. М. Захаров, А. Т. Чубинишвили, С. Г. Дмитриев, А. С. Баранов, В. И. Борисов, А. В. Валецкий, Е. Ю. Крысанов, Н. Г. Кряжева, А. В. Пронин, Е. К. Чистякова. – М.: Изд. Центра экол. политики России, 2000. – 318 с.
4. Мелехова, О.П. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование / О.П. Мелехова, Т.И. Евсеева, Е.И. Сарапульцева. – М.: Издательство: Academia, 2008. – 288 с.

УДК 574

К.С. Беляева
С.В. Соболева
И.С. Почекутов

ПИХТА СИБИРСКАЯ КАК ИНДИКАТОР НАКОПЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛОВ В ЭКОСИСТЕМЕ ЗАПОВЕДНИКА «СТОЛБЫ»

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева»
г. Красноярск

В работе изучено накопление тяжелых металлов в почве и древесной зелени пихты сибирской на примере заповедника «Столбы».

Содержание тяжелых металлов (ТМ) в почве во многом определяется химическим составом исходных горных пород и направлением господствующих ветров, с помощью которых идет перенос загрязняющих веществ от крупного мегаполиса. В последние десятилетия в процессы миграции ТМ в природной среде интенсивно включилась антропогенная деятельность человечества. Количества химических элементов, поступающие в окружающую среду в результате техногенеза, в ряде случаев значительно превосходят уровень их естественного поступления.

Попадая в почву, оксиды ТМ подвергаются различным трансформациям, в частности: преобразование оксидов тяжелых металлов в гидроксиды (карбонаты, гидрокарбонаты); растворение гидроксидов тяжелых металлов и адсорбция соответствующих катионов ТМ твердыми фазами почв; образование фосфатов тяжелых металлов и их соединений с органическими веществами почвы.

Тяжелые металлы, поступающие на поверхность почвы, накапливаются в почвенной толще, особенно в верхнем горизонте и медленно удаляются при выщелачивании, потреблением растениями и эрозии. Первый период полуудаления ТМ значительно варьируется для разных элементов: Zn - 70 - 510 лет, Cd - 13 - 110 лет, Cu - 310 - 1500 лет, Pb - 740 - 5900 лет [1].

Цинк (Zn). Атомная масса 65,4. Его кларк в земной коре 83 мг/кг. Цинк концентрируется в глинистых отложениях и сланцах в количествах от 80 до 120 мг/кг, в делювиальных, лессовидных и карбонатных суглинистых отложениях Урала, в суглинках Западной Сибири - от 60 до 80 мг/кг.

Важными факторами, влияющими на подвижность Zn в почвах, являются содержание глинистых минералов и величина pH. При повышении pH элемент переходит в органические комплексы и связывается почвой. Ионы цинка также теряют подвижность, попадая в межпакетные пространства кристаллической решетки монтмориллонита. С органическим веществом Zn образует устойчивые формы, поэтому в большинстве случаев он накапливается в горизонтах почв с высоким содержанием гумуса и в торфе. Причинами повышенного содержания цинка в почвах могут быть как естественные геохимические аномалии, так и техногенное загрязнение. Основными антропогенными источниками его поступления в первую очередь являются предприятия цветной металлургии. Остаточно-допустимая концентрация (ОДК) цинка для песчаных и супесчаных почв равна 55 мг/кг.

Медь (Cu). Атомная масса 63,5. Кларк в земной коре 47 мг/кг. В химическом отношении медь - малоактивный металл. Основополагающим фактором, влияющим на величину содержания Cu, является концентрация ее в почвообразующих породах.

Супесчаные и песчаные почвообразующие породы Горного Алтая накапливают в среднем 31 мг/кг меди, юга Западной Сибири - 19 мг/кг.

В почвах медь является слабомиграционным элементом, хотя содержание подвижной формы бывает достаточно высоким. Количество подвижной меди зависит от многих факторов: химического и минералогического состава материнской породы, pH почвенного раствора, содержания органического вещества и др. Наибольшее количество меди в почве связано с оксидами железа, марганца, гидроксидами железа и алюминия. Среднее содержание меди в почвах мира 30 мг/кг. ПДК меди в России - 55 мг/кг, ОДК для песчаных и супесчаных почв - 33 мг/кг.

Никель (Ni). Атомная масса 58,7. В континентальных отложениях он присутствует, главным образом, в виде сульфидов и арсенитов, ассоциируется также с карбонатами, фосфатами и силикатами. Кларк элемента в земной коре равен 58 мг/кг. Большое значение в накоплении никеля почвообразующими породами играет их гранулометрический состав. На примере почвообразующих пород Западной Сибири видно, что в более легких породах его содержание наименьшее, в тяжелых - наибольшее: в песках - 17, супесях и легких суглинки -22, средние суглинки - 36, тяжелые суглинки и глины -49.

Содержание никеля в почвах в значительной степени зависит от обеспеченности этим элементом почвообразующих пород. Концентрация никеля в почвах европейской части России составляет - 51-54 мг/кг, Западной Сибири - 37-41 мг/кг. Уровень концентрации никеля в верхнем слое почв зависит также от степени их техногенного загрязнения. В России этим элементом загрязнены 2,8 % почвенного покрова. Доля загрязненных Ni почв является фактически самой значительной и уступает только землям загрязненным медью (3,8%). Химический состав растений, как известно, отражает элементный состав почв, поэтому избыточное накопление ТМ в растениях обусловлено их высокими концентрациями в почвах [2]. В своей жизнедеятельности растения контактируют только с доступными формами ТМ. Однако, растения способны своей биотой препятствовать проникновению чужеродных элементов, в данном случае тяжелых металлов из почвы с помощью физиолого-биохимических механизмов, препятствующих их поступлению.

Механизмы устойчивости растений к избытку ТМ могут проявляться по разным направлениям: одни виды способны накапливать высокие концентрации ТМ, но проявлять к ним толерантность, другие - максимально использовать свои барьерные функции. Для большинства растений первым барьерным уровнем являются корни, там задерживается наибольшее количество ТМ, затем - стебли и листья, последние - семена и плоды.

Несмотря на существенную изменчивость различных растений к накоплению ТМ, биоаккумуляция элементов имеет определенную тенденцию, позволяющую упорядочить их в несколько групп: 1) Cd, Cs, Rb - элементы интенсивного поглощения; 2) Zn, Mo, Cu, Pb, As, Co - средней степени поглощения; 3) Mn, Ni, Cr - слабого поглощения и 4) Se, Fe, Ba, Te - элементы, труднодоступные растениям [3].

Другой путь поступления ТМ в растения - поглощение из воздушных потоков. Оно имеет место при вблизи крупных промышленных предприятий. Поступление элементов в растения через ассимиляционный аппарат, главным образом, путем неметаболического проникновения через кутикулу. Попадая в растения, они могут переносится в другие органы и ткани и включаться в обмен веществ [4]. В связи с этим объектом исследования выбрали пихту сибирскую, как основную лесообразующую породу, произрастающую на территории заповедника «Столбы» [5].

Цель исследований – оценка накопления тяжелых металлов в почве и в древесной зелени пихты сибирской в отдельных районах заповедника «Столбы».

Материалы и методы исследований. В качестве объекта исследования использовали древесную зелень пихты сибирской (*Abies sibirica Ldb)*. **Пихтовые леса** занимают 25% лесной площади заповедника, и выступает в роли главного лесообразователя. По речным долинам массивы пихтарников спускаются в низкогорья значительно ниже сплошных пихтовых лесов. Пихта хорошо возобновляется, преобладая в подросте всех лесов таежного пояса и на смежных с подтайгой участках.

Древесную зелень пихты отбирали на следующих участках: в районе первого столба (проба № 1), второго столба (проба № 2). Отбор проводили летом и осенью 2016 г, на высоте 1,3 м от земли (массив 3-5 древостоев). Пробы анализировалась на влажность и зольность по общепринятым методикам [6]. Золу исследовали на наличие тяжелых металлов спектрометрическим методом на приборе «Спектроскан». По интенсивностям аналитических линий и сравнения их с образцом определяли концентрацию тяжелых металлов в пробе [7]. Аналогично анализировали образцы почвы, собранные под древостоями в радиусе 1 м в районе Столба №1, и Столба №2, соответственно. Результаты исследований обрабатывали статистически с помощью пакета программ Microsoft Excel с достоверностью $P \leq 0,05$.

Результаты исследований и их обсуждение. Основным фактором, способствующим переносу и рассеиванию примесей, является скорость ветра, так как с усилением скорости ветра, возрастает интенсивность перемешивания воздушных слоев. Согласно анализу данных гидрометслужбы за последние 40 лет, роза ветров непрерывно видоизменяется. В настоящее время преобладают западные и юго-западные ветра, что способствует рассеиванию смога над территорией заповедника [8]. Наряду с благоприятным направлением ветра, изменяются состав, плотность атмосферного воздуха, распределение загрязняющих веществ. Особенно заметен последний фактор в зимнее время, когда в штилевую погоду более тяжелый смог над городом практически не поднимается выше, служит надежным заслоном проникновения смога в бассейн реки Базаиха. Лишь в ее устье и по длине р. Моховой часть смога может проникать в заповедник до указанных высот. Летом смог может подниматься до 1,5 - 2 км и беспрепятственно распределяться на всей территории заповедника. Таким образом, негативному влиянию Красноярска, в основном, подвержена лишь пригородная часть заповедника, от устья р. Калтат до Роева ручья. Очаги загрязнения также наблюдаются в центральной части и на юге заповедника, это напрямую связано с рельефом местности. Наибольшая степень загрязнения соответствует возвышенностям с абсолютной отметкой выше 700 м над у. м. Именно на вершинах хребтов, перевалов складывается неблагоприятная экологическая обстановка. Такая закономерность, как ухудшение состояния растительности на определенных высотах (в «пихтовом поясе»), объясняется высоким уровнем загрязнения атмосферного воздуха. Взвешенные вещества, в том числе ТМ концентрируются в нижней части облачного слоя, а затем оседают на территории заповедника, проходя через вершины гор, усиливая процесс осаждения загрязнителей [9]. Также нельзя исключать особенности рельефа, образующие завихрения воздуха и турбулентные потоки (район Второго Столба, Крепости, Кайдынского хребта). Это подтверждается исследованиями проб почвы и древесной зелени пихты, отобранные на территории заповедника летом-осенью 2016 г. Исследование данных по изменению влажности древесной зелени пихты за период лето/осень 2016 г показала, что она колеблется в пределах от 52,6 % (лето) до 56,3 % (осень) влажность почвы - от 42,2 % (лето) до 53,7 % (осень). Количественно оценить содержание в образцах почвы и древесной зелени ТМ можно по накоплению их в золе и дальнейшему анализу последней с использованием методов спектроскопии.

Содержание золы в летних пробах почвы, % колеблется от 24,0 (фон) до 25,9 (1-ый столб), осенью – от 23,2 (фон) до 42,3 % (2-ой столб). Древесная зелень пихты показала следующие результаты: содержание золы в пробах летом составила от 2,55 (фон) до 2,9 % (2-ой столб), осенью от 3,75(фон) до 4,6 % (1-ый столб).

Сравнительная характеристика распределения валовых форм металлов на поверхности почвы и их фоновые количества приведены в таблицах 1,2.

Таблица 1 - Содержание тяжелых металлов в почве, лето/осень 2016 г., мкг/г

Место отбора проб	Содержание металла в пробе					
	Fe	Cu	Mn	Zn	As	Ni
1-ый столб (удаление от города 8 км)	2919,7+0,2 2986,6±0,1	75,8+0,3 86,4±0,15	98,0+0,25 108,0±0,4	101,1+0,5 130,2±0,35	следы	
2-ой столб (удаление от города 8,5 км)	3810,3+0,4 2447,2±0,2	323,6+0,5 78,9±0,4	194,1+0,3 105,3±0,25	129,4+0,5 210,5±0,3	следы	
д. Слизнево – фоновое загрязнение (24 км от города)	2200,0+0,9 2105,0±0,6	55,0+0,5 33,2±0,6	95,3+0,35 87,5±0,4	71,4+0,6 47,3±0,35	-	-

По результатам таблицы 1 можно сделать вывод о преобладании в почвах заповедника «Столбы» следующих тяжелых металлов: Fe, Cu, Mn, Zn. Концентрация этих элементов немного повышена и составляет до 1,5-2 ПДК по сравнению с фоном.

Несмотря на непосредственную близость заповедника к промышленному центру с ежегодными выбросами в атмосферу до 200 тыс. т загрязняющих веществ, в целом состояние его охраняемых природных комплексов можно охарактеризовать как удовлетворительное. Такой феномен обусловлен значительным (порядка 550–650 м) превышением большей части территории заповедника над городом и благоприятным направлением розы ветров. Известно, что ассимиляционный аппарат дерева, особенно хвойного, является индикатором, чутко реагирующим на загрязнение среды обитания, эти данные представлены в таблице 2.

Таблица 2 - Содержание тяжелых металлов в древесной зелени пихты, лето/осень 2016 г.

Место отбора проб	Содержание металла в пробе					
	Fe	Cu	Mn	Zn	As	Ni
1-ый столб (удаление от города 8 км)	48,0+0,1 54,3±0,2	45,0+0,3 53,0±0,5	98,0+0,2 80,2±0,3	298,0+0,4 175,8±0,8	следы	
2-ой столб (удаление от города 8,5 км)	45,0+0,5 96,6±0,7	25,0+0,3 65,5±0,25	105,0+0,6 82,8±0,4	309,0+0,9 234,5±0,6	-	15,0+0,1 20,0±0,2
д. Слизнево – фоновое загрязнение (24 км от города)	45,0+0,2 56,5±0,3	30,0+0,5 45,1±0,4	100,3+0,7 95,9±0,5	300,0+0,9 256,0±0,8	следы	-

Согласно результатам исследования, на пригородной территории (удаление от города не более 10 км) наблюдается повышенное содержание тяжелых металлов таких как Zn, Mn, Cu, Fe в древесной зелени пихты сибирской. Это обусловлено тем, что территория заповедника «Столбы», расположена на пути переноса техногенных

выбросов г. Красноярска. согласно розе преобладающих ветров. Превышение содержания тяжелых металлов, таких как Zn, Mn, Cu наблюдается в древесной зелени пихты до 1,5 -2 ПДК, что характеризует повышенное загрязнение атмосферы и почвы этими элементами.

Заключение. Согласно представленным данным можно судить о незначительном загрязнении экосистемы заповедника «Столбы», территория которого подвергается атмосферному загрязнению от техногенных источников. В результате исследований выяснили, что древесная зелень пихты сибирской поглощают тяжелые металлы, аккумулируя их значительное количество своей биомассой, тем самым фиксирует их, препятствуя дальнейшему загрязнению экосистемы. Полученные данные могут быть использованы для картографической оценки экологической ситуации на исследуемой территории.

Библиографический список:

1. Ковда, В.А. Биогеохимия почвенного покрова/ В.А. Ковда - М.: Наука, 1985.- 243 с.
2. Ильин, В.Б. Тяжелые металлы в системе почва - растения/ В.Б. Ильин. – Новосибирск: Наука, 1991. – 151 с.
3. Орлов, Л.С. Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении/Л.С. Орлов. - М.: Высшая школа, 2002. 334 с.
4. Степень, Р.А. Оценка загрязнения атмосферы биоиндикационными методами. Монография / Р.А. Степень, О.А. Есякова, С.В. Соболева. – Красноярск: СибГТУ, 2013. - 142 с.
5. Есякова О.А., Воронин В.М., Степень Р.А. Ассимиляционный аппарат ели сибирской как индикатор загрязнения городской атмосферы // Хвойные бореальной зоны. – 2008. – XXV. -№ 1-2. – С. 109-113.
6. Ушанова, В.М. Основы научных исследований. В 3 ч. Ч.2. Контроль качества и экстрагирование растительного сырья: учеб. пособие / В.М. Ушанова, О.И. Лебедева, А.Н. Девятловская. – Красноярск: СибГТУ, 2004. – 168 с.
7. Методика выполнения измерений массовой концентрации тяжелых металлов в биологических объектах на рентгено-флуоресцентном спектрометре «Спектроскан». – СПб.: ГП ВНИИФТРИ, 1994. – 102 с.
8. О состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае за 2015 г. Государственный доклад. – Красноярск: 2015. - 375 с. [Электронный ресурс]: http://www.krskstate.ru.
9. Экологический атлас Заповедника столбы: сайт /Загрязнение растительности заповедника атмосферными поллютантами. – URL: http://stolby.torins.ru/main.php.

УДК 634.9

Е.П. Филиппенкова
В.Н. Коршун

ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛЕСОВЫРАЩИВАНИЯ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева»
г. Красноярск

В статье дается анализ существующих технологий лесомелиоративных работ. Приводится проект лесоосушения лесного квартала, примыкающего к реке.

Мелиоративные каналы совмещаются с технологическими коридорами для ухода за лесом при лесовыращивании.

Введение. Агролесомелиоративные мероприятия являются одним из видов ухода за лесом, направленным на повышение продуктивности лесов и сохранение их полезных функций (Ст. 64 ЛК РФ). На лесной территории РФ насчитываются большие площади болот, покрытых низкопроизводительным лесом. Эффективное лесовыращивание на данных территориях достигается после их осушения. В связи со строительством в Красноярском крае целлюлозно-бумажных комбинатов потребность в древесном сырье существенно возрастет, а примыкающие к транспортным дорогам территории лесного фонда сильно истощены. Поэтому для нашего региона лесовыращивание на заболоченных территориях является актуальной задачей.

Цель исследований. Повышение продуктивности лесовыращивания путем проведения осушения.

Одновременно с осушением следует проводить строительство лесных дорог. В этом случае вынимаемый из каналов грунт используют для устройства полотна дороги, проложенной для ухода за лесом. На осушенных площадях по просекам, а также вдоль магистральных и собирательных каналов строят дороги III категории для обеспечения транспортных работ, лесохозяйственных мероприятий и текущего ухода за каналами осушительной сети. Выращивание леса выполняется по аллейной схеме. На промежутках между посадками осуществляется выращивание травы на сено.

Размещение лесохозяйственных дорог, совмещенных с каналами осушительной сети, производят с таким расчетом, чтобы они максимально способствовали не только улучшению условий транспортных перевозок, но и повышению интенсивности всех видов деятельности в лесах.

При правильно выполненной мелиорации благодаря устройству совмещенной дорожно-мелиоративной сети появляется возможность проведения выборочных и постепенных рубок и интенсивная эксплуатации древостоев. Уход за лесом проводится с учетом назначения выращенной древесины [1].

Методы исследования. Анализ научно-технической информации показывает [1], что в России лесоосушительные работы осуществляются по трем основным технологиям:

1 сооружению мелиоративных канав предшествует подготовка трассы (валка деревьев и корчевка пней);

2 устройство мелиоративных канав производится одновременно с подготовкой трассы (корчевкой пней);

3 мелиоративные канавы сооружают без подготовки трассы.

Каждая из приведенных схем может иметь варианты в зависимости от того, к какой категории относится объект осушения и какие используют механизмы.

Технологию 1 применяют обычно при осушении объектов лесомелиорации 1 категории в эксплуатационных и резервных лесах. В защитных лесах применение технологии 1 ограничено, а отдельные технологические операции имеют свою специфику. Технология 2 менее распространена, чем 1. Удельный вес площадей, на которых ее целесообразно применять, составляет не более 30% от лесомелиоративного фонда. Осушение объектов II категории рационально проводить по технологии 2. Технологию 3 в основном используют при осушении лесных, безлесных и малолесных болот (сосна по болоту), которые относятся к объектам мелиорации III категории. Удельный вес таких площадей невелик (не более 15%).

Из специальных технологий лесоосушения необходимо остановиться на взрывном способе устройства мелиоративных канав, который может найти ограниченное применение на объектах III категории и в условиях скальных грунтов.

Вместе с тем, взрывной способ устройства мелиоративной сети имеет целый ряд недостатков: сложная организация работ, низкое качество сооружаемых канав и высокая стоимость.

Результаты исследований. В результате исследований был разработан проект лесомелиоративных мероприятий.

Технология лесоосушительных работ разрабатывается применительно к лесному участку (Квартал № 133 Катангского лесничества Иркутской области). Грунтовые условия относятся к I категории – лесные заболоченные площади, слабо оторфованными грунтами различного механического состава. С южной части лесного участка протекает река Кирен. Имеется минимальная ширина водоохранных лесов, в которых мелиоративные мероприятия запрещены. Через территорию участка проходит дорога. На рисунок 1 показана схема лесоосушения.

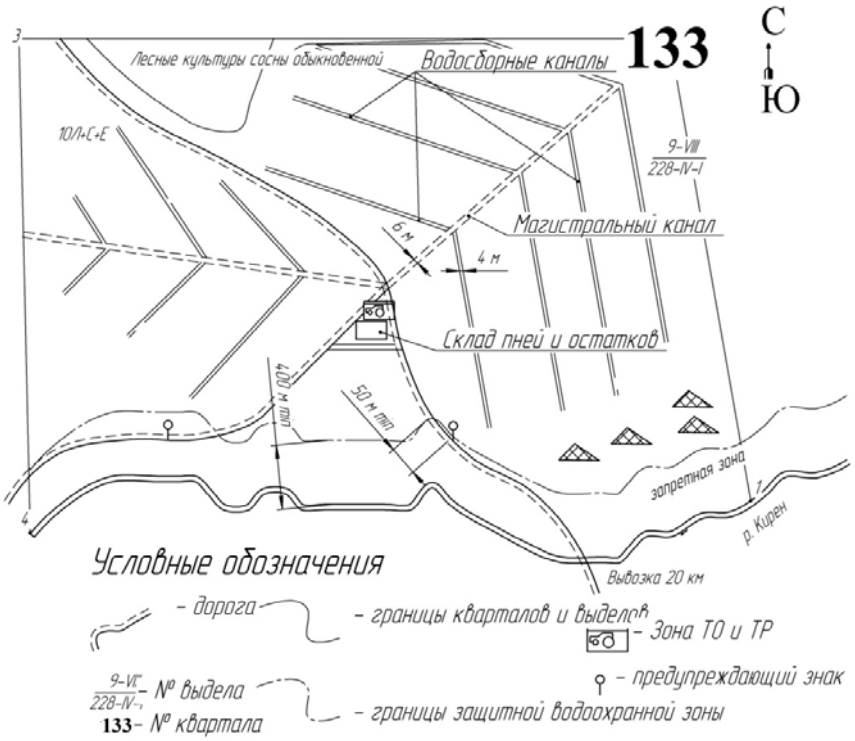


Рисунок 1 – Схема лесоосушения лесного квартала Катангского лесничества

Планируется прокладка магистрального канала со сбросом воды в реку. Уклон местности направлен в сторону реки. К магистральному каналу примыкают водоотводящие каналы, глубиной 0,5 м. Их прокладывает каналокопатель. Мелиоративный уход за лесом имеет смысл совместно с рубками ухода [2]. При таком сочетании можно достичь максимальной продуктивности лесов. Технология рубок ухода осуществляется по щирокопасечной технологии, поэтому целесообразно совместить пасечные волоки с осушительной сетью. Ширина пасечных волоков 4 метра. Этого достаточно для прокладки на пасечном волоке водоотводящих каналов.

На рисунок 2 приведена технологическая схема выполнения осушительных работ.

Технология работ включает нарезку магистральных каналов (1 и 4) глубиной 1,2 м каналокопателем Д-583 на базе трактора ДЭТ-250. Между магистральными каналами комбинированным каналокопателем МК-23 на базе трактора ДТ-75Б прокладываются водосборные каналы (2 и 3) глубиной 0,5 м. Каналы прокладываются на технологических коридорах для рубок ухода за лесом [2].

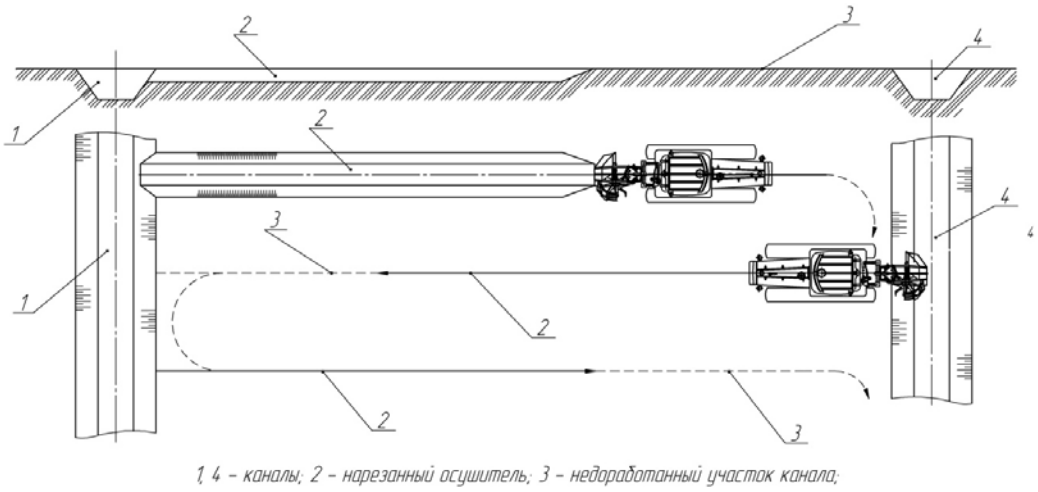


Рисунок 2 – Технологическая схема работы каналокопателя

Заключение. Применение разработанной технологии позволяет повысить выход древесины с 200 до 350 м^3/га. Затраты на лесоосушение составляют 2500 руб/га.

Библиографический список:

1. Основы природопользования / Под ред. Р.С. Потапенко. – Минск: Наука и техника, 1980. – 572 с.
2. Гуцелюк, Н. А. Технология и система машин в лесном и садово-парковом хозяйствах / Н.А. Гуцелюк, С.В. Спиридонов. – СПб.: ПРОФИКС, 2008. – 696 с.

УДК 630.631.542

Р.Н. Матвеева
Д.А. Гришлов
В.С. Мартынов
С.Н. Дырдин

ПОКАЗАТЕЛИ РОСТА 53-ЛЕТНЕЙ СОСНЫ КЕДРОВОЙ КОРЕЙСКОЙ (МОДЕЛЬ 7/47) ПОСЛЕ ДЕКАПИТАЦИИ В 1996 Г.

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М.Ф. Решетнёва»
г. Красноярск

В статье приведены данные, характеризующие формирование кроны у 53-летней сосны кедровой корейской (дерево 7/47) хабаровского происхождения после декапитации, проведённой в 1996 году. Показана динамика роста лидирующих стволов, заменяющих центральный, по высоте, радиальному приросту, образованию боковых ветвей и их длине.

Декапитацией кедровых сосен с целью формирования низкорослых деревьев с хорошо развитой кроной занимались А.В. Водин и др., 1998, 2000; Р.Н. Матвеева, А.П. Пешкин 2006; Н.П. Братилова, С.С. Шамова, 2014 и др.

Целью наших исследований явилось изучить формирование кроны у сосны кедровой корейской, декапитированной в 1996 году, и провести вторичную декапитацию.

В 2016 г. ствол после первой декапитации имел следующие показатели: высота 1,7 м, диаметр ствола возле поверхности почвы – 16 см, первого спила – 12 см.

К 8 октября 2016 года декапитированное дерево имело два ствола, сформировавшихся из лидирующих боковых побегов. Первый ствол был высотой 7,2 м, второй - 5,9 м. Диаметры ствола у спилов составляли 8,0 и 5,5 см, соответственно. Длина хвои на приросте 2016 г. первого ствола равна 16,1 см, второго – 15,7 см.

Прирост побега с 2001 по 2016 гг. у первого ствола варьировал от 11,0 до 61,2 см, диаметр ствола в средней части приростов - от 1,4 до 8,5 см, число боковых ветвей в мутовке от 2 до 10 шт. Средняя длина боковых ветвей варьировала от 14,2 до 145,7 см, ширина годичных колец от 0,5 до 4,7 мм (таблица 1).

Уровень изменчивости показателей по С.А. Мамаеву от среднего до очень высокого. С возрастом все биометрические показатели, кроме диаметра ствола в средней части годичного прироста увеличивается.

Таблица 1 – Показатели роста первого ствола в два периода (2001-2008 и 2009-2016 годы)

Период	Max	Min	$X_{ср.}$	% к min	V, %
1	2	3	4	5	6
Прирост, см					
2001-2008	20,6	11,0	16,6	100,0	20,3
2009-2016	61,2	30,5	43,5	262,0	34,8
Диаметр ствола в средней части годичного прироста, см					
2001-2008	8,5	7,2	7,8	185,7	12,7
2009-2016	6,7	1,4	4,2	100,0	43,8
Число боковых ветвей в мутовках, шт.					
2001-2008	4	2	2,4	100,0	29,8
2009-2016	10	3	6,2	258,3	39,4
Длина боковых ветвей, см					
2001-2008	115,9	42,3	72,4	100,0	24,4
2009-2016	145,7	14,2	84,4	116,6	40,1
Ширина ранней древесины, мм					
2001-2008	1,8	0,4	0,8	100,0	61,2
2009-2016	3,6	2,3	2,9	362,5	15,9
Ширина поздней древесины, мм					
2001-2008	0,4	0,1	0,2	100,0	52,5
2009-2016	1,4	0,5	0,9	450,0	35,1
Ширина годичного кольца, мм					
2001-2008	2,2	0,5	1,0	100,0	59,6
2009-2016	4,7	2,8	3,8	380,0	17,6

Второй ствол имел показатели меньших размеров (таблица 2).

Таблица 2 – Сравнительный анализ показателей роста стволов за период с 2009 по 2016 г.г.

Номер ствола	Прирост в высоту		Диаметр ствола в средней части прироста		Число боковых ветвей		Длина боковых ветвей		Ширина годичного кольца	
	см	% к стволу № 2	см	% к стволу № 2	шт.	% к стволу № 2	см	% к стволу № 2	мм	% к стволу № 2
1	43,5	110,1	4,2	113,5	6,2	134,8	84	175,5	3,9	121,8
2	39,5	100	3,7	100	4,6	100	48	100	3,2	100

Превышение показателей первого ствола в сравнении со вторым составляет 10,1 – 75,5 %.

После вторичной декапитации дерево имеет следующий вид (рисунок 1).

Рисунок 1 – Дерево 7/47 после вторичной декапитации

Исследования показали, что в условиях интродукции (зелёная зона г. Красноярска) декапитация кроны сосны кедровой корейской позволяет формировать низкорослые, многовершинные деревья.

Библиографический список

1. Братилова, Н.П. Декапитация кедровых сосен на плантациях / Н.П. Братилова, С.С. Шамова. – Красноярск: СибГТУ, 2014.-105 с.
2. Водин, А.В. Формирование плантационных культур кедра сибирского путем обрезки верхней части кроны / А.В. Водин // Проблемы химико-лесного комплекса.- Красноярск: СибГТУ, 1998.- С. 26
3. Водин, А.В. Перспективы создания низкоштамбовых плантационных культур кедра сибирского / А.В. Водин, Р.Н. Матвеева // Лесной комплекс – научное и кадровое обеспечение в XXI веке.- Красноярск: СибГТУ, 2000.- ч.2.- С. 10-13
4. Матвеева, Р.Н. Изменчивость кедра сибирского 42-летнего возраста после декапитации кроны / Р.Н. Матвеева, А.Г. Пешкин // Плодоводство, семеноводство, интродукция древесных растений.- Красноярск: СибГТУ. 2006.- С. 86-91

УДК 676.1.054.1

Е.Н. Аёшина
Т.В. Борисова
Н.С. Ананко

ПРОЕКТ ЛАНДШАФТНОГО ПАРКА «ЗЕЛЕНЫЙ КОЛИЗЕЙ»

ФГБОУ ВО « Сибирский государственный аэрокосмический университет им. академика М.Ф. Решетнева »
г. Красноярск

Целью работы являлось разработка проекта ландшафтного парка «Зеленый Колизей», на территории центрального района города Красноярска. По проекту парк должен разместится на территории 3,05 га и содержать: главную аллею, фонтаны,

искусственный водоем, спортивную площадки, малые архитектурные формы, сооружения.

Актуальность разработанной темы обусловлена тем, что создание парка в городе придает ему контрастную архитектурно-художественную обстановку. Чередование открытых и затененных пространств, водоемы и фонтаны, красочный цветочный убор, живописные группы деревьев и кустарников на фоне газонов, органически включенные в этот природный комплекс, оказывают положительное влияние на нервную систему, настроение и самочувствие посетителей.

Задачи исследования: разработать детальную планировку парка, площадок, дорожек, подобрать ассортимент деревьев, кустарников и цветников. Разместить большие и малые архитектурные формы. Составить план проекта озеленения территории.

Основное назначение ландшафтного парка— обеспечение отдыха посетителей. В парках отдыха должны быть зоны: тихого отдыха и зоны активного отдыха. В состав парков могут быть включены территории памятников, архитектуры и садово-паркового искусства. Для эксплуатации комплекса необходима административно-хозяйственная зона.

Планировочную структуру парка можно строить в соответствии с одной из пяти основных схем размещения сооружений: периметральной, узловой приближенной, узловой удаленной, осевой, рассредоточенной.

Основной задачей проектирования и строительства нового или реконструкции существующего парка является создание контрастной по отношению к городу архитектурно-художественной и гигиенической обстановки. Тишина, чередование открытых и затененных пространств, гладь водоемов и струи фонтанов, красочный цветочный убор, живописные группы деревьев и кустарников на фоне газонов, органически включенные в этот природный комплекс, оказывают положительное влияние на нервную систему, настроение и самочувствие посетителей.

Все сооружения парка отличаются декоративностью и оригинальностью, которая находит отражение в объемной, пространственной и декоративной композиции каждого сооружения. И при этом гармонично вписываться в окружающую среду.

Объект называется Парк отдыха «Зеленый Колизей», который расположен в Центральном районе города Красноярска. Площадь участка 3,05 га. Рельеф не ровный, поэтому проводится террасирование. Верхняя терраса служит местом отдыха и одновременно смотровой площадкой, здесь располагается главная аллея и фонтан. На нижней террасе находится водоем. К границам прилегают следующие объекты: на севере и юге – жилая застройка; на западе и востоке – магистраль.

Парк спроектирован в итальянском стиле. Сад в итальянском стиле — настоящее произведение садово-паркового искусства. Ему присуща та благородная простота, которая достигается немалыми усилиями. Итальянский сад представляет собой: контраст белого и зеленого, света и тени, четких форм и мягкого блеска воды. Главная особенность итальянского сада обусловлена характерным для Италии рельефом — а именно, перепадом высот: с верхней террасы сад виден, как на ладони, поэтому его пространство спланировано геометрически четко, чаще всего — симметрично.

Прямые дорожки, линии живой изгороди делят сад на отдельные участки и уголки; находясь в саду, вы не заметите строгости этих форм, в то время как сверху вам откроется картина удивительной красоты и правильности.

Главная аллея стилизована под патио – это обязательно прямоугольная мощеная площадка, которая является характерным элементом итальянского дворика. В планировке должна господствовать строгая геометрия и прямота линий. Украшают

патио растениями в кадках, цветами в вазонах, изящной кованой мебелью и скульптурами.

Для итальянского стиля в садово-парковой архитектуры присуще наличие бельведера - летняя беседка в итальянском стиле. Обычно у нее стенки сделаны в форме изящных легких решеток или же отсутствуют вовсе.

Так же необходимо присутствие скульптуры и вазонов. Скульптура в итальянских садах присутствует повсеместно, как античная, так и в виде аллегорий или мифических существ. Скульптурное оформление фонтанов, гротов, цветников, аллей придает итальянским садам сильное эмоциональное звучание. В качестве акцентов можно использовать крупные классические вазоны с рельефными деталями: медальонов и гирлянд. Они помогут закрепить красивый вид или подчеркнуть планировку, если расставить их с определенными интервалами.

Что касается цветовой гаммы, то яркими красками сад в итальянском стиле не блещет: серое плиточное мощение дорожек, белые фонтаны, скамейки, беседка, скульптуры и зеленая листва деревьев и кустарников составляют основу цветовой гаммы. Пестрые клумбы с однолетними цветами для итальянского сада не характерны, принято использовать многолетники сдержанных оттенков: сиренево - голубые или пастельные тона.

На данной территории парка планируется озеленение из деревьев, кустарников, цветов, а также газонных трав. Деревья и кустарники являются наиболее рациональным видом озеленения. Они не требуют такого систематического ухода, как цветы и вместе с тем приносят большую биологическую пользу. Многие из них имеют красивую форму и окраску листьев.

При подборе дендрологического состава деревьев и кустарников для озеленения парка, особое внимание уделялось почвенно-климатическими условиям, в которых расположен город. Обращалось внимание на местные условия, в которых будет посажено то или иное растение, теневыносливости, газостойкости. Подбирая деревья и кустарники в соответствии с выше сказанным ,предпочтение было отдано следующим видам из древесных пород: Липа мелколистная, Сосна веймутова, Вяз гладкий, Яблоня сибирская. Из кустарников: Роза колючая, Чубушник венечный, Спирея белая, Сирень обыкновенная, Туя западная. При выборе цветочных растений предпочтение отдавалось многолетних растениям: Ирисам сибирским, Цинерарии морской, Стелющимся розам, Хостас голубой. Все виды растений, которые используются при озеленении территории парка, отличаются высокой зимостойкостью и широко используются в искусственных насаждениях городов.

Главная аллея имеет плиточное покрытие серого цвета. Пешеходные дорожки и площадки, где расположится амфитеатр, также выполнены из плиточного покрытия. На детской и спортивной площадке резиновое покрытие.

По территории парка расположены следующие площадки: площадка для культурно-массовых мероприятий, где располагается амфитеатр; площадка для детских игр с детским городком и качелями; спортивная площадка. Кроме того в парке имеется 3 лужайки, на одной из них находится водоем, две другие оснащены кафе. Все площадки, кроме детской и спортивной (резиновое) имеют плиточное покрытие.

При проектировании были учтены все нормы посадок и размещение объектов больших и малых архитектурных форм. Разработана дорожно-тропиночная сеть. Подобраны породы, произрастающие в данных условиях. Составлен план парка в масштабе 1:500. Данный парк предназначен для прогулок и тихого отдыха.

Библиографический список

1 ГОСТ 21.204-93. Условные графические обозначения и изображения элементов генеральных планов и сооружений транспорта. От 11.1993г.
2 ГОСТ 21.508-93. Правила выполнения рабочей документации генеральных планов предприятий, сооружений и жилищно-гражданских объектов. От 10.11.1993 г.
3 Встовская, Т. Н. Декоративные формы местных и экзотических видов растений, перспективных для первичного испытания в Сибири: Учебное пособие . Растительный мир Азиатской России. / Т. Н. Встовская, 2010. — 311 с.
4 Колесников, А.И. Декоративная дендрология: Учебное пособие /
А.И. Колесников. — Москва: Государственное издание литературы по строительству, архитектуре и строительным материалам, 1996. — 154 с.
5 Теодоронский, В.С. Садово-парковое строительство. /В.С. Теодоронский. — М., 2006. — 335 с.

УДК 676.1.054.1

Ю.О. Шеходанова
Е.В. Грицкевич

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИТУАЦИОННОГО ПЛАНА ПАРКА ТЕРРИТОРИИ КОТТЕДЖА В СКАНДИНАВСКОМ СТИЛЕ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М.Ф. Решетнева»
г. Красноярск

В данной статье представлен анализ проектирования плана парка территории коттеджа. Обозначен выбор больших и малых архитектурных форм, элементов озеленения в соответствии с характерными чертами скандинавского стиля.

Ситуационный план представляет собой графический документ, на котором отображено, каким образом некий объект располагается в ландшафтно-планировочной и градостроительной системах и выявлены его функциональные, композиционные и транспортные связи с другими объектами. Ситуационный план также включает изображения границ участков и линий застройки, схематические изображения основных сооружений. Помимо прочего, ситуационный план включает схему транспортных коммуникаций.

Ситуационный план обычно не отличается большой точностью, его масштаб значительно уступает масштабу генерального плана. Иными словами, ситуационный план – это схема, которая наглядно демонстрирует взаимодействие объекта с окружением и содержит все необходимые сведения о характере этого взаимодействия. Однако важность этого документа нельзя недооценивать [1, 2, 5].

В последнее время широкое распространение получил раздел архитектуры, посвященный организации садов, парков и других сред, в которых материалом является ландшафт. Этот вид деятельности называется ландшафтная архитектура. При проектировании парка учитываются ландшафтные особенности: террасность и мелкоконтурность рельефа, неоднородность геологических и гидрологических условий, разнотипность почв и растительности.

В данное время ландшафтное строительство принимает более значимую роль в современном мире. Красота созданного ландшафта оказывает позитивное влияние на

человека. Проектирование земельного участка связано не только с проектно-сметной документацией, но и с самим процессом строительства, формированием растительности, уходом за насаждениями, содержанием и ремонтом основных его устройств и конструктивных элементов.

Цель нашего исследования – благоустройство приусадебной территории и создания комфортных условий для жизни и отдыха владельца загородного дома.

Задачи данного проекта:

- создать индивидуальный и уникальный внешний вид парка в скандинавском стиле;
- максимально эффективно использовать земельный участок при планировке дорожно-тропиночной сети и размещении зданий и сооружений;
- подчеркнуть имеющиеся достоинства и скрыть некоторые недостатки ландшафта с помощью растений;
- объединить в единый гармоничный комплекс, возведенный на участке дом и территорию этого участка;
- органично использовать малые архитектурные формы в выбранном стиле.

Если сравнить стиль и качество жизни в миллионном гудящем, загазованном городе и жизнь на природе, рядом с лесом, на чистом воздухе, станет понятно, почему люди во всем мире предпочитают жить за городом, в условиях психологического и экологического комфорта.

Площадь проектируемого парка 10 соток (0,1 га). Объект расположен в пяти километрах от краевого центра города Красноярска в Емельяновском районе. Это место уникально, прежде всего, своим ландшафтом и экологией – западное направление – наиболее чистое среди красноярских пригородов. Идеальная экология обусловлена благоприятной розой ветров. Вдоль всей территории расположена лесополоса, рядом лесной массив. Захватывающий вид в долину, горнолыжный спуск зимой, и склоны с подснежниками весной и земляникой летом.

Простота, лаконичность и универсальность – ключевые штрихи скандинавского стиля, получившего широкое распространение в ландшафтном дизайне. Популярное направление обустройства приусадебных участков зародилось в северных странах, для народов которых основной задачей было создать уютный и гармонично сочетающийся с природой сад, способный выдержать испытания непогодой. Главной особенностью этого направления выступает тесное единение с природой и жизнеутверждающий настрой. Благодаря этому ландшафт, оформленный в скандинавском стиле, располагает к приятному отдыху и вместе с тем заряжает энергией и бодростью.

Обустройство участка в скандинавском стиле предусматривает задействование насыщенных сочных красок. В условиях дефицита дневного света и суровой долгой зимы, характерной для севера, светлые тона и яркие цвета помогают сделать сад более уютным и светлым. Ключевые элементы, характеризующие скандинавский стиль: открытая планировка; контейнеры с цветами вместо клумб; мощеные прямоугольные площадки; природные полянки и оазисы с дикими растениями; необрамленные газоны без клумб; искусственный водоем неправильной формы [3]. Обязательно наличие небольшого участка под огород и маленькой лужайки с лилиями. Искусственный водоем можно заменить очень крупной, грубо сработанной кадкой с водой. В дизайн скандинавского сада красиво впишутся крупные глыбы необработанного дикого камня, разбросанные в творческом беспорядке без особой системы – все, кто знаком с северной культурой, наверное, поймут, почему такие скандинавские мотивы являются очень значимыми.

Проект коттеджа состоит из архитектурно-строительных чертежей, которые во всех деталях описывают расположение объекта, планировку каждого этажа,

оформление фасада и приусадебного участка. При проектировании коттеджа учитываются особенности ландшафта на земельном участке, тип грунта, проходящие инженерные коммуникации, местные климатические условия, геофизические показатели и другие факторы.

Расположение коттеджа на участке имеет удобный подъезд и подходы. Сбоку от дома спроектирована возможность проезда к гаражу. Общее количество дорог на участке минимальное. Имеется удобный выход из дома в приватную зону участка. Общие комнаты удобно ориентированы на запад. Из спален, гостиных и террас хороший обзор ландшафта.

Компактный и функциональный загородный дом в стиле шале. Здание занимает 230 м^2 (0,023га). Конструкции дома позволяют создать панорамное остекление, что позволяет максимально соединить внутреннее пространство с окружающей природой. Строгий стиль экстерьера: темное дерево, белая штукатурка, природный камень; огромные балконы и просторные террасы; элегантные карнизы и классическая двускатная кровля; стильные детали: деревянные подкосы и ставни, плетеные ограждения, контейнерное озеленение веранды; уют интерьера, тепло камина, располагающий к отдыху и созерцанию ландшафта.

Строительство гаража требует не меньше внимания, чем сооружение дома. От правильности выбора места будет зависеть не только тот факт, насколько удобно заезжать и выезжать на автомобиле, но и пользоваться самим домом и прилегающей территорией.

Гараж размещается непосредственно у дороги, с въездом с улицы. Его площадь составляет 28 м^2 (0,0028 га). Соблюдены единые декоративные средства и подходы в оформлении всех строений на участке. Единообразный подход создает цельное и очень благоприятное впечатление.

Деревянный банный дом должен стать уютным и удобным местом для отдыха. Скандинавский стиль предполагает сдержанность, использование натуральных материалов, гармоничное сочетание естественного и искусственного света, максимальное следование функциональности. Современная баня – это и архитектурное сооружение, обязанное соответствовать общей концепции загородного участка, и возможность релаксационных и оздоровительных процедур [4, 6].

Баня с террасой общей площадью 48 м^2 (0,0048 га), (6*8) выполнена из оцилиндрованного бревна. Баня имеет парилку, предбанник, комнату отдыха и хозяйственное помещение, где удобно хранить различные банные принадлежности. Крыша над террасой позволяет наслаждаться природой, так как благодаря большим выпускам кровли она прекрасно защитит от дождя в ненастную погоду и от солнца в жаркий летний день.

Малые архитектурные формы в ландшафтной архитектуре и садово-парковом искусстве – это вспомогательные архитектурные сооружения, оборудование и художественно-декоративные элементы, обладающие собственными простыми функциями и дополняющие общую композицию архитектурного ансамбля застройки. Некоторые из элементов малых архитектурных форм не несут утилитарных функций и имеют исключительно художественно-декоративное назначение. Малые архитектурные формы могут играть важную роль в архитектурном ансамбле. В ландшафтном дизайне они являются одними из основных элементов декоративного оформления сада. В данном проекте используются следующие малые архитектурные формы – беседка, водоем садовый, рокарий, мебель садовая, контейнерный сад и декоративный огород.

Озеленение участка явлыется неотъемлемая часть общего проектирования ландшафта, включающая как планирование посадок, создание дендрологического плана и практическую реализацию проекта.

Для северного сада подойдут самые обычные растения, распространенные в средней полосе, на севере и северо-западе России. Допустимо соседство декоративных растений с плодовыми и ягодных деревьями или кустарниками. Общий вид растительности сада должен быть скромным и неброским, но отдельные растения должны иметь яркие акценты, принятые в скандинавском стиле. Трудно представить себе скандинавский сад без вечнозеленых растений. Главным украшением приусадебной территории служат сосны, можжевельники, ели и пирамидальные туи. План посадок тщательно продуман с целью создать общее впечатление сада. При этом выбраны такие растения, которые не требуют сложного ухода. Основу сада составляют невысокие деревья, а также декоративно-цветущие и декоративно-лиственные кустарники, которые в сочетании с травянистыми многолетниками сделают сад привлекательным в течении всего года. Опоры беседки украшают лазающие растения – клематисы. Деревья и кустарники размещены в дальнем конце сада и возле забора: они создают ощущение защищенности и уединенности и в то же время не затеняют сад.

Еще одна характерная черта сада в скандинавском стиле – наличие простого, ничем не огражденного газона. Газон не должен иметь никаких включений в виде клумб или рабаток, быть устойчивым к вытаптыванию, так как допускается его использование в качестве детской площадки или лужайки для отдыха. Для повышения такой устойчивости можно применять георешетку. Приветствуется посадка высоких деревьев около газона.

Входная площадка перед домом выполнена из плитняка и гравия, в сочетании с растительностью образует небольшой красивый садик. Растения используемые при оформлении площадки – барбарис Тунберга, шалфей, чабрец.

Зона отдыха вымощена старыми, выщербленными плитами разного размера из песчаника, уложенного таким образом, что края площадки имеют неровные очертания. Узкая центральная дорожка, ведущая в глубину сада, выложена теми же плитами, что и зона отдыха. Тщательно подобранные плиты разного размера позволят сделать дорожку неодинаковой по ширине, что еще больше подчеркнут царящую в саду атмосферу непринужденности [3].

Ландшафтная архитектура представляет собой искусство формировать гармоничную среду для человека, используя для этого ландшафтные компоненты и искусственные объекты. Сфера ее деятельности включает садово-парковое искусство, озеленение и благоустройство.

Из выше сказанного можно сделать вывод, что ландшафтная архитектура и ландшафтное проектирование вполне способны решить комплекс перечисленных проблем, связанных с формированием вокруг человека по-настоящему комфортного пространства.

В данном проекте был создан ситуационный план парка коттеджа в скандинавском стиле. Выбор стиля обусловлен тем, что его характерные черты позволяют преобразить уже существующий ландшафт не нарушая его, с учетом климатических условий. Выбор скандинавского стиля предусматривает гармоничное вписание не только в архитектурный ансамбль, но и в окружающую среду. Так же в проекте подобран видовой состав растений, используемых в нашей климатической зоне в соответствии с выбранным стилем. Малые архитектурные формы, используемые в проекте, являются оригинальными элементами – акцентами скандинавского стиля. Естественность, свежесть, простор, минимум искусственных декораций – таков скандинавский ландшафтный дизайн.

Библиографический список:

1. Грицкевич, Е.В. Архитектурная графика и основы композиции: методические указания к выполнению курсовой и расчетно-графической работ по дисциплине «Архитектурная графика и основы композиции»/ Е.В. Грицкевич, В.В Конюхова, М.Н. Кузьмичева.-Красноярск: СибГТУ, 2014.-72с.
2. Лимаренко, А.Ю. Декоративные деревья и кустарники/ А.Ю. Лимаренко, Т.В. Палеева. – М.: АСТ;Спб.: Сова, 2005.-96с.: ил.
3. Ньюбери, Т. Все о планировании сада:/Тим Ньюбери.- М: АСТ: Кладезь, 2015.-255 с ил.
4. Попова О.С., Попов В.П. Древесные растения в ландшафтном проектировании и инженерном благоустройстве территории: Учебное пособие.-Спб: Издательство «Лань», 2014.-329 с.
5. Теодоронский, В.С. Строительство и эксплуатация объектов ландшафтной архитектуры : учебник для студ. высш. учеб. заведений/ В. С. Теодоронский, Е.Д. Сабо, В.А. Фролова; под ред. В.С. Теодоронского.- 3-е изд., стер.- М.: Издательский центр «Академия», 2008. - 352 с.
6. Хессайон, Д.Г. Все о цветах в вашем саду:/Д.Г. Хессайон; науч. ред. В.Р.Филин; перевод О.И. Романова.- М: АСТ: «Кладезь-букс», 2011-128, с ил.

УДК 630.524

Т.В. Батвенкина

РЕГРЕССИОННЫЕ МОДЕЛИ ОСНОВНЫХ ТАКСАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЛИСТВЕННЫХ ПОРОД МОТЫГИНСКОГО ЛЕСНИЧЕСТВА

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М.Ф. Решетнева»
г. Красноярск

В статье на основе выборочных данных таксационных описаний Мотыгинского лесничества Красноярского края приводятся регрессионные модели для средних высот, средних диаметров и запасов на 1 га березовых и осиновых древостоев. Коэффициент корреляции колеблется от 0,9762 до 0,9979, стандартная относительная ошибка уравнений не превышает ± 10 %. Проведенные исследования подтверждают необходимость разработки регрессионных моделей основных таксационных показателей и построения на их основе таблиц хода роста, отражающих особенности роста насаждений конкретного региона.

Возможность использования таксационных описаний как информационной комбинации признаков для составления динамики таксационных показателей древостоев подтверждена многочисленными исследованиями [2, 3]. Математическое моделирование динамики таксационных показателей очень широко применяется в последние десятилетия. В данной работе на основе выборочных данных таксационных описаний Мотыгинского лесничества Красноярского края подобраны регрессионные модели для средних высот, средних диаметров и запасов на 1 га березовых и осиновых древостоев.

Общая методика исследований основана на анализе таксационных описаний Мотыгинского лесничества последнего лесоустройства 1994 года. По таксационным

описаниям для каждой лесообразующей породы по каждому классу возраста (с I по XIII) отбиралось по 25 выделов со средней полнотой, что обеспечивало качественную однородность выбранных насаждений. Камеральная обработка материалов производилась на основании методических рекомендаций Н.П. Анучина [1], В. С. Моисеева [4] и И.В. Семечкина [5].

По каждому классу возраста через число наблюдений были рассчитаны средние арифметические величины таксационных показателей древостоев: возраст, высота, диаметр и запас. При изучении зависимостей между средними таксационными показателями, а также выравнивании их значений использовались аналитический и графический методы.

Сначала была изучена динамика средних высот древостоев элементов леса основных лесообразующих пород. Для определения величины средней высоты по основным элементам леса предварительно были построены графики по средним величинам, полученным по данным таксационных описаний. По оси абсцисс на них откладывали средние значения возраста древостоя элемента леса, по оси ординат – вычисленные средние величины высот. В результате были получены математические модели динамики средних высот для основных элементов леса, характеристика которых приведена в таблице 1.

Таблица 1 – Параметры и показатели оценки адекватности моделей динамики средних высот

Основной элемент леса	Вид уравнения	Параметры уравнения				Статистические показатели	
		a	b	c	d	R	$\mu_{отн}$, %
Береза	$H = a \cdot b^{A} \cdot A^{c}$	0,296	0,991	1,1232	-	0,9979	± 2,5
Осина	$H = a - b \cdot e^{-c \cdot A^{d}}$	25,98	24,09	0,0021	1,562	0,9913	± 5,9

По данным моделям рассчитаны средние высоты основных элементов леса для средних значений возраста каждого класса возраста, которые сведены в таблице 2. При этом значения высот приведены на середину класса возраста.

Далее была исследована динамика средних диаметров древостоев элементов леса. Она проводилась аналогично зависимости средних высот от возраста. Предварительно, используя модели динамики высот древостоев элементов леса, установили возраст, в котором средняя высота соответствует 1,3 м, то есть появляется возможность определять средний диаметр. Эта величина затем была включена в рассматриваемые модели. Характеристика полученных моделей приведена в таблице 3.

По данным моделям рассчитаны средние диаметры основных элементов леса для средних значений возраста каждого класса возраста, которые сведены в таблицу 4.

Таблица 2 - Динамика средних высот древостоев элементов леса лиственных пород

Основной элемент леса	Средняя высота (м) в возрасте (лет)												
	5	15	25	35	45	55	65	75	85	95	105	115	125
Береза	1,7	5,4	8,8	11,8	14,3	16,4	18,1	19,4	20,5	21,2	21,7	22,0	22,1
Осина	2,5	5,2	8,6	12,1	15,3	18,1	20,3	22,0	23,3	24,2	24,9	25,3	25,5

Таблица 3 – Параметры и показатели оценки адекватности моделей динамики средних диаметров

Основной элемент леса	Вид уравнения	Параметры уравнения				Статистические показатели	
		a	b	c	d	R	$\mu_{отн}$, %
Береза	$D = a - b \cdot e^{-c \cdot (A-5)^d}$	42,08	44,31	0,016	0,857	0,9912	± 6,9
Осина	$D = a - b \cdot e^{-c \cdot (A-3)^d}$	40,06	37,44	0,001	1,712	0,9934	± 7,3

Таблица 4 - Динамика средних диаметров древостоев элементов леса лиственных пород

Основной элемент леса	Средний диаметр (см) в возрасте (лет)												
	5	15	25	35	45	55	65	75	85	95	105	115	125
Береза	0,5	4,4	7,7	10,4	12,9	15,1	17,1	18,9	20,5	22,0	23,4	24,7	25,8
Осина	2,9	4,6	7,1	10,3	13,7	17,2	20,7	23,9	26,8	29,4	31,7	33,5	35,1

Для исследования динамики средних запасов на 1 га древостоя также приняты выборочные данные таксационных описаний. Параметры регрессионных моделей и показатели их адекватности приведены в таблице 5. Для березовых и осиновых древостоев наилучшим образом описывает указанную зависимость функция Хойера.

Таблица 5 – Параметры и показатели оценки адекватности моделей динамики средних запасов на 1 га

Основной элемент леса	Вид уравнения	Параметры уравнения			Статистические показатели	
		a	b	c	R	$\mu_{отн}$, %
Береза	$M = a \cdot b^A \cdot A^c$	0,0766	0,9805	2,0960	0,9928	± 5,7
Осина	$M = a \cdot b^A \cdot A^c$	0,0699	0,9770	2,2607	0,9804	± 8,8

Динамика запасов на 1 га всех лесообразующих пород представлена в таблице 6.

Таблица 6 - Динамика средних запасов на 1 га лиственных пород

Основной элемент леса	Средний запас ($м^3$) в возрасте (лет)												
	5	15	25	35	45	55	65	75	85	95	105	115	125
Береза	2	16	40	66	92	115	135	149	159	165	167	166	163
Осина	2	23	56	96	134	167	194	212	223	228	226	220	211

Данные таблиц 1, 3 и 5 показывают, что коэффициент корреляции колеблется от 0,9804 до 0,9979. Это говорит о том, что подобранные математические модели хорошо описывают исследуемые совокупности. При этом стандартная относительная ошибка уравнений колеблется от ± 2,5 % до ± 8,8 %, что также является хорошим результатом.

Проведенные исследования еще раз подтверждают необходимость разработки регрессионных моделей основных таксационных показателей и построения на их основе таблиц хода роста, отражающих не только особенности роста насаждений конкретного региона, но и для разных типов леса и классов бонитета.

Библиографический список:

1 Анучин, Н.П. Лесная таксация: учебник для вузов / Н.П. Анучин. – 5-е изд., доп. – М.: Лесн. пром-сть, 1982. – 552 с.
2 Батвенкина, Т.В. Регрессионные модели хода роста основных лесообразующих пород Кодинского лесничества / Т.В. Батвенкина // Хвойные бореальной зоны. – 2015. – Т. XXXIII, № 3-4. – С. 116-121.
3 Гончарук, В.В. Актуализация таксационных показателей насаждений Сибири: учебное пособие для самостоятельной подготовки студентов специальности 250201 Лесное хозяйство всех форм обучения / В.В. Гончарук, Т.В. Батвенкина. – Красноярск: СибГТУ, 2006. – 80 с.
4 Моисеев, В.С. Методика составления таблиц хода роста и динамики товарной структуры модальных насаждений / В.С. Моисеев, А.Г. Мошкалев, Н.А. Нахабцев. – Л.: ЛенЛТА, 1968. – 87 с.
5 Семечкин, И.В. Опыт использования данных глазомерной таксации для изучения динамики насаждений / И.В. Семечкин // Организация лесного хозяйства и инвентаризация лесов: сб. ст. - Вып. 1. – Красноярск: Красноярское книжное изд-во, 1962. – С. 119-131.

УДК 630*5

С.Л. Шевелёв
М.Н. Ефремова

РОСТ И ФОРМИРОВАНИЕ ДРЕВОСТОЕВ БЕРЕЗЫ В ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЕ СРЕДНЕЙ СИБИРИ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М.Ф. Решетнева»
г. Красноярск

При выполнении работы были рассмотрены особенности формирования березовых древостоев, на разных возрастных периодах развития с применением коэффициента напряженности роста. Также была получена математическая модель, описывающая динамику роста березняков по основным таксационным показателям – среднему диаметру, средней высоте и запасу.

Лесостепная зона Средней Сибири характеризуется относительно равнинным рельефом, с сильно развитой речной сетью. Большую часть территории занимает Среднесибирское плоскогорье. В его границах высоты находятся в пределах от 150 м до 1700 м. Для Средней Сибири характерен резко-континентальный климат. Различие между среднемесячными температурами зимы и лета составляет около 50-65 °С.

Целью настоящей работы явилось изучение особенностей формирования и хода роста березняков на разных возрастных этапах.

В основу работы положены материалы натурной таксации 596 выделов лесного массива с преобладанием насаждений березы, расположенного на территории Манского лесничества Красноярского края.

Определяющим фактором в формировании и росте древостоев является возраст. Для анализа хода роста древостоев березы, на различных этапах развития применялся комплексный оценочный показатель (КОП, см/см^2), предложенный К.К. Высоцким [1] и получивший название «коэффициент напряженности роста». Данный показатель

используется в качестве критерия формирования древостоев, а также для характеристики особенностей роста древостоев в различных условиях местопроизрастания [2]. Коэффициент напряженности роста рассчитывался по формуле:

$$КОП = \frac{H*100}{G}, \quad (1)$$

где H – средняя высота древостоя, м;

G – площадь поперечного сечения среднего дерева на высоте 1.3 м, $см^2$.

При обработке данных были получены ряды коэффициентов напряженности роста для древостоев, входящих в отдельные группы возраста. В таблице 1 приведены результаты статистической обработки рядов коэффициента напряженности роста по группам возраста.

Корреляционный анализ обобщенного ряда выявил наличие значительной обратной зависимости между коэффициентом напряженности роста и средним возрастом древостоев (R = -0,57).

На рисунке 1 показана динамика коэффициента напряженности роста для березовых древостоев и с высокой степенью адекватности отображается функцией вида (коэффициент детерминации, R^2 – 0,958; стандартная ошибка уравнения, S – 3,479):

$$y = (a + bx)^{(-1/c)}, \quad (2)$$

где a = 0,080; b = 0,005; c = 0,533.

Таблица 1 – Основные статистические показатели рядов коэффициента напряженности роста березняков по группам возраста

Статистические показатели	Группа возраста			
	молодняки	средне-возраст-ные	приспева-ющие	спелые и перестой-ные
Среднее	57,0	12,2	5,8	4,6
Стандартная ошибка	4,2	0,3	0,1	0,1
Коэффициент варьирования, %	38,5	39,3	18,1	18,2
Точность опыта, %	7,4	2,2	1,7	1,5

Сопоставление величины комплексного оценочного показателя исследуемых березовых древостоев с данными В.Д. Шульги и др. [3] для древостоев березы Волгоградской области не выявило существенных различий (таблица 2).

Таблица 2 – Сравнение величины КОП исследуемых березовых древостоев с данными В.Д. Шульги и др.

Данные для сравнения	КОП, $см/см^2$ в возрасте, лет:				
	20	30	50	70	100
Береза (данные по В.Д. Шульга и др.)	22,1	13,4	7,2	5,0	3,7
Береза (исследуемые древостои)	22,0	15,3	8,0	4,9	4,0

Завершающей частью работы явилось установление динамики основных таксационных показателей березняков. Оказалось, что процессы роста по среднему диаметру, средней высоте и запасу описываются функцией Вейбулла вида:

$$y = a – b*\exp(-c*x^d). \quad (3)$$

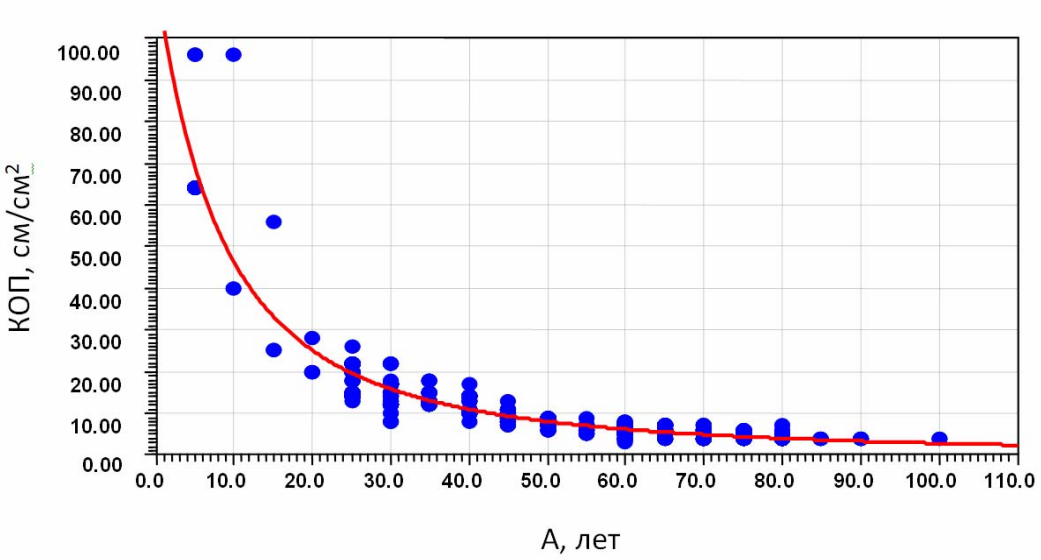


Рисунок 1 – Распределение коэффициента напряженности роста в березовых древостоях в зависимости от среднего возраста

В таблице 3 приведены коэффициенты уравнений.

Таблица 3 – Коэффициенты уравнений и показатели их адекватности

Таксационный показатель	Коэффициенты уравнения				Коэффициент детерминации (R^2)	Стандартная ошибка (S)
	a	b	c	d		
Средняя высота, м	25,154	29,301	0,023	1,058	0,999	0,364
Средний диаметр, см	46,633	47,329	0,004	1,211	0,999	0,598
Запас, $м^3$/га	139,084	133,280	0,001	2,395	0,997	4,725

Полученные математические модели могут явиться основой для построения региональных таблиц хода роста березовых древостоев.

Таким образом, в результате проведенных исследований рассмотрены особенности формирования и роста древостоев березы на разных возрастных этапах развития с использованием комплексного оценочного показателя, в лесостепной зоне Средней Сибири.

Сравнение полученных данных с данными других авторов не показало на наличие значительных различий.

Построены математические модели динамики березовых древостоев в районе исследования.

Библиографический список:

1. Высоцкий, К.К. Закономерности строения смешанных древостоев / К.К. Высоцкий. – М.: Гослесбумиздат, 1962. – 177 с.
2. Данчева, А.В. Использование комплексного оценочного показателя при оценке состояния сосняков государственного лесного природного резервата «Семей орманы» / А.В. Данчева, С.В. Залесов // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2016. – № 215. – С. 41-54.
3. Шульга, В.Д. Обоснование облигатности интенсивных лесоводственных уходов для рекреационных древостоев аридной зоны / В.Д. Шульга, А.И. Густова, Д.К. Терехина // Аридные экосистемы. – 2007. – № 33-34. – С. 81-88.

УДК 630.283.1

С.М. Сультсон

УРОЖАЙНОСТЬ ДИКОРАСТУЩИХ ЗАРОСЛЕЙ БРУСНИКИ В УСЛОВИЯХ ПРИАНГАРСКОГО ТАЕЖНОГО ЛЕСНОГО РАЙОНА

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М.Ф. Решетнева»
г. Красноярск

Изучены особенности морфологии, возрастной структуры и плодоношения дикорастущих зарослей брусники в сосняках брусничного типа леса. Установлена потенциальная сезонная урожайность ягодников в зависимости от полноты древостоя.

В процессе перехода лесоуправления в России от экстенсивной модели ведения лесного хозяйства к интенсивной одним из основных направлений развития является вовлечение в эксплуатацию всего комплекса лесных ресурсов, с целью получения дополнительного дохода при лесопользовании. При организации многоцелевого лесного хозяйства необходимы сведения о потенциальных ресурсных возможностях различных территорий, с целью дальнейшего прогноза и возможности их вовлечения в эксплуатацию.

На территории Приангарского таежного лесного района брусничники являются одними из наиболее распространенных дикорастущих ягодников и в перспективе могут являться объектами для организации комплекса мероприятий по заготовке пищевых лесных ресурсов.

Брусничники издавна представляют собой ценный источник пищевых и лекарственных компонентов. Для заготовки важны как ягоды брусники, так и вегетативные части парциальных побегов.

Выявление закономерностей формирования дикорастущих зарослей брусники, обусловливает их потенциальную продуктивность и даёт возможность осуществлять прогноз урожайности ягодника в определённых условиях.

Объектами исследования являлись продуцирующие ягодники, сформировавшиеся под пологом спелых сосняков брусничного типа леса с полнотой 0,5 и 0,7 в условиях Усольского лесничества Красноярского края. Сбор экспериментальных данных основывался на общепринятой методике по изучению пищевых лесных ресурсов [4]. Структурные особенности зарослей изучались по проценту проективного покрытия, возрастной структуре, морфологии, интенсивности плодоношения парциальных побегов с последующим определением урожайности зарослей в целом.

При оценке дикорастущих ягодников первоначальным показателем служит процент проективного покрытия площади зарослью, что в дальнейшем дает возможность прогнозировать урожай, и является обязательным моментом при лесоинвентаризации. Ранее проведенными исследованиями доказано, что с увеличением относительной полноты древостоя снижается проективное покрытие зарослей брусники, а следовательно и урожайность [1,2,3].

Анализ данных показал, что при $P_{отн}$= 0,7 (пробная площадь №1) проективное покрытие составило 43 % и изменялось в пределах от 35 до 60 %. На второй пробной площади (ПП №2) при $P_{отн}$= 0,5 данный показатель составил несколько большее значение - 48 %, что возможно связано с более благоприятными световыми условиями для развития ягодника.

В таблице 1 представлена статистическая характеристика морфологических показателей в зависимости от возраста побегов брусники.

Таблица 1 – Статистическая характеристика морфологических показателей парциальных побегов брусники

Статистические показатели	Высота, см	Диаметр основания, мм	Возраст, лет
ПП №1			
Среднее значение ($x_{ср}$)	15,0	1,3	3,9
Ошибка среднего значения (m_x)	0,3	0,02	0,08
Среднеквадратичное отклонение (δ)	3,8	0,3	0,9
Коэффициент вариации (V, %)	30,6	24,7	23,6
Точность опыта (P, %)	2,6	2,1	2,0
ПП № 2			
Среднее значение ($x_{ср}$)	12,4	1,1	3,8
Ошибка среднего значения (m_x)	0,4	0,03	0,07
Среднеквадратичное отклонение (δ)	4,4	0,4	0,9
Коэффициент вариации (V, %)	29,3	27,9	23,9
Точность опыта (P, %)	2,4	2,3	1,9

Рассчитанный критерий Стьюдента показал отсутствие существенных различий в показателях возраста между пробными площадями ($t_p = 1,32 < t_т = 2,04$). Основную массу зарослей составляют побеги в возрасте от трёх до пяти лет, встречаются отдельные экземпляры шести - семилетнего возраста. Из этого следует, что заросли находятся в одной возрастной стадии развития. Следует предположить, что одновозрастность зарослей обусловлена воздействием пирогенного фактора. Известно, что беглые низовые пожары благоприятно влияют на омоложение брусничников, уничтожая старовозрастную часть ягодника [1,3].

Распределения побегов по онтогенетическому состоянию на первом и втором исследуемом участках соответственно выглядит следующим образом: преобладает число вегетативных побегов – 83,2 % и 83,6 %, генеративных значительно меньше – 14,8 % и 13,1 % соответственно. Доля парциальных побегов брусники находящихся в стадии отмирания составляет 2 - 3 %.

Установлено, что наибольшее количество ягод встречается на генеративных побегах четырех - пятилетнего возраста, и свидетельствует о том, что заросли брусники находятся в стадии оптимального плодоношения [3,4].

В результате расчетов установлено, что урожайность брусники в древостое с полнотой 0,5 составила 325 кг/га, при полноте 0,7 показатели урожайности несколько ниже – 226 кг/га. Средняя урожайность в исследуемом типе леса составила 280 кг/га.

На основании полученных данных по урожайности брусники на исследуемых пробных площадях была составлена потенциальная шкала урожайности брусники для условий Усольского лесничества, которая представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Шкала потенциальной урожайности брусники

Полнота древостоя	Урожайность кг/ га, при проективном покрытии ягодником площади, %									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
0,5	65	130	195	260	325	390	455	520	585	650
0,7	57	113	170	226	283	339	396	452	509	565

Следует отметить, что полученные данные являются предварительными и требуют уточнения в процессе многолетних наблюдений, что позволит установить

цикличность, плодоношения и диапазон изменчивости урожая на разных возрастных этапах развития ягодника.

Библиографический список:

1 Богданова, Г.А. Брусника в лесах Сибири / Г.А. Богданова, Ю.М. Муратов.– Новосибирск : Наука, 1978. – 118 с.
2 Подколзин, А.В. Ресурсы и таксация брусничников на юге Красноярского края / А.В. Подколзин // Лесной и химический комплекс : сб.ст. - Т. 1. - Красноярск, 2004. – С. 65-69.
3 Тимошок, Е.Е. Экология и биология Брусничных в Сибири / Е.Е. Тимошок. – Томск : Издательство Научно-технической литературы, 2006. – 132 с.
4 Шевелева, Г.А Ресурсы и таксация дикорастущих ягодников лесов восточного склона Енисейского кряжа : автореф. дис. канд. с-х наук : спец-ть 05.03.02 / Г.А. Шевелева. – Красноярск., 1983. – 16 с.

УДК 630.23

М.В. Репях
Н.А. Гурьева
О.Ф. Буторова

ФЕНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЯБЛОНИ В БОТАНИЧЕСКОМ САДУ ИМ. ВС.М. КРУТОВСКОГО

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный аэрокосмический университет имени М.Ф. Решетнева»
г. Красноярск

Проанализированы особенности сезонного развития яблони на нижней террасе и коллекционном участке Ботанического сада им. Вс.М. Крутовского в 2014-2015 гг. Установлены фенофазы, характеризующиеся наибольшей межсортовой изменчивостью. Выделены деревья и сорта с ранним и поздним вступлением в основные фенологические фазы.

В Ботаническом саду им. Вс.М. Крутовского яблоня выращивается не только в мемориальной части сада в стелющейся форме, но и на нижней террасе и на коллекционном участке в открытой форме [Матвеева, буторова, 2014].

Нами проанализированы особенности температурного режима и фенологии яблони в 2014 и 2015 гг.

В 2014 г. наблюдалось резкое повышение температуры воздуха в апреле, особенно в первой декаде (на 10,5 ^{o}C выше нормы), в связи с чем среднемесячная температура воздуха была выше многолетнего значения на 5,4 ^{o}C при недостаточном количестве осадков (51,6 % от нормы). Май-июнь были холодными и дождливыми: температура воздуха на 3,2-3,6 ^{o}C ниже, количество осадков – на 46,1-35,8 % больше средних многолетних значений.

В апреле-мае 2015 г. температура воздуха была также выше среднемноголетнего значения на 4,4 и 2,3 ^{o}C, соответственно, при умеренном количестве осадков. Июнь характеризовался сухой погодой во второй декаде (34,6 % от нормы).

Проведено сравнение особенностей прохождения фенофаз яблони на нижней террасе и коллекционном участке сада. Фенологические наблюдения за растениями

проводились по методике П.И. Лапина, С.В. Сидневой [1968]. Отмечались даты начала набухания, распускания вегетативных, генеративных почек, цветения, листопада; окончания листопада (таблица 1).

Таблица 1 - Прохождение фенологических фаз летних и зимних сортов яблони

Группа сортов	Нижняя терраса		Коллекционный участок	
	2014 г.	2015 г.	2014 г.	2015 г.
Набухание почек				
Летние	19.04-28.04	26.04-30.04	19.04-27.04	29.04-4.05
Зимние	15.04-27.04	23.04-30.04	18.04-1.05	27.04-14.05
Распускание вегетативных почек				
Летние	25.04-3.05	1.05-8.05	27.04-7.05	3.05-16.05
Зимние	23.04-3.05	1.05-8.05	28.04-10.05	8.05-20.05
Начало цветения				
Летние	24.05-3.06	25.05-31.05	26.05-8.06	24.05-1.06
Зимние	26.05-3.06	26.05-3.06	29.05-6.06	22.05-14.06
Начало листопада				
Летние	21.09-26.09	21.09-26.09	25.09-10.10	25.09-10.10
Зимние	20.09-26.09	21.09-26.09	28.09-4.10	26.09-4.10

Набухание вегетативных почек началось в 2014 г. с 15-28 апреля на нижней террасе сада, на коллекционном участке – с 18-27 апреля. Раннее начало фенофазы на нижней террасе отмечено у деревьев зимнего сорта Зеленое, на коллекционном участке – у зимнего сорта Бисмарк. Поздним наступлением данной фенофазы характеризовались деревья летнего сорта Нобилис (на нижней террасе), зимнего сорта Зеленое (на коллекционном участке).

В 2015 г. набухание вегетативных почек наступило на 2-14 дней позднее, чем в 2014 г. (с 23 апреля-14 мая). Раннее набухание почек началось у зимних сортов Генерал Орлов, Бисмарк на нижней террасе, летнего сорта Нобилис на коллекционном участке. Позднее наступление фазы наступило 30 апреля на нижней террасе, 14 мая – на коллекционном участке (сорт Бисмарк).

Вегетативные почки в 2014 г. вначале распустились у деревьев зимнего сорта Зеленое 23 апреля на нижней террасе, 27 апреля – у летнего сорта Нобилис на коллекционном участке. Позднее распускание почек наблюдалось 3 мая у летних сортов Аркад стаканчатый, Грушовка московская, зимнего сорта Коричное полосатое на нижней террасе, 10 мая – у сорта Генерал Орлов на коллекционном участке.

В 2015 г. на коллекционном участке вегетативные почки распустились на 2-12 дней позднее, чем на нижней террасе. С 1 мая отмечено наступление фазы у летнего сорта Золотой шип, зимнего сорта Коричное полосатое (на нижней террасе), 3 мая – летнего сорта Белый налив (на коллекционном участке). Позже всех распустились почки у деревьев зимнего сорта Бисмарк, летнего сорта Золотой шип (на нижней террасе), зимнего сорта Аркад зимний (на коллекционном участке).

В фазу «начало цветения» в 2014 г. растения вступили 24 мая-8 июня. На нижней террасе не цвели деревья зимних сортов Анисик, Аркад зимний, на коллекционном участке – зимних сортов Аркад зимний, Генерал Орлов, Терентьевка, летних – Белый налив, Золотой шип, Петербургская летняя в связи с поздними весенними заморозками в период 7-11 мая. Кроме того, на коллекционном участке многие деревья еще не вступили в репродуктивную стадию.

В 2015 г. цветение наступило в те же сроки, что и в 2015 г.: с 22 мая -14 июня. На коллекционном участке не цвели деревья зимних сортов Анисик, Антоновка обыкновенная, Генерал Орлов, Сибиряк, летних – Золотой шип.

Начало листопада в 2014 г. пришлось на 20 сентября – 10 октября. Раннее начало листопада отмечено у зимнего сорта Генерал Орлов на нижней террасе, летнего сорта Грушовка московская – на коллекционном участке. Позднее сбрасывание листьев началось у зимнего сорта Аркад стаканчатый, Генерал Орлов, Зеленое, летнего сорта Папировка на нижней террасе, зимнего сорта Аркад стаканчатый – на коллекционном участке.

В 2015 г. начало листопада также наблюдалось с 21 сентября – 1 октября. Раннее начало листопада было у деревьев зимних сортов Бисмарк, Сибиряк, летнего сорта Золотой шип на нижней террасе, зимнего сорта Сибиряк, летних сортов Грушовка московская, Петербургская летняя – на коллекционном участке.

Закончился листопад в 2014 г. с 14-17 октября, в 2015 г. – с 3-18 октября.

Анализ результатов исследований показал, что в 2015 г. отмечено позднее наступление фенофаз «набухание» и «распускание вегетативных почек», чем в 2014. Начало цветения, начало и окончание листопада проходили в близкие сроки в 2015 и 2014 гг. При сравнении прохождения фенофаз на разных участках, выявлено, что на коллекционном участке все фенофазы начинаются на 2-4 дней позднее, чем на нижней террасе. У деревьев зимних сортов в среднем происходит отставание вступления в фенофазы на 1-2 дня в сравнении с летними.

Выделены сорта и биотипы яблони, характеризующиеся поздним началом и ранним окончанием вегетации, для последующей селекционной работы.

Библиографический список:

1.Лапин П.И., Сиднева С.В. Определение перспективности растений для интродукции по данным фенологии // Бюл. ГБС.- 1968. - Вып. 69. - С. 14-21.
2.Матвеева Р. Н., Буторова О.Ф. Рост и плодоношение сортов яблони в коллекции Ботанического сада им. Вс. М. Крутовского г. Красноярска // Наукові праці Лісівничої академії наук України. - 2014. - Вип. 12. - С. 109-112.

УДК 630.272:504.05.06

П.И. Аминев
В.А. Иванов

К ОЦЕНКЕ СОСТОЯНИЯ ЗЕЛЕНЫХ НАСАЖДЕНИЙ г. КРАСНОЯРСКА

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М.Ф. Решетнева», г. Красноярск

Проведена оценка состояния зеленых насаждений в двух районах г. Красноярска. Приводятся болезни и вредители древесных растений и рассматривается влияние на них техногенного загрязнения

Красноярск является важным промышленным центром Восточной Сибири, в котором сосредоточено более 120 промышленных предприятий.

В атмосферный воздух города промышленными предприятиями и автотранспортом выбрасываются более 240 тыс. т/год загрязняющих веществ 248-ми наименований. В список ингредиентов входят 13 загрязняющих веществ первого класса опасности и 39 ингредиентов – второго класса [6].

Неотъемлемой частью этой урбанизированной среды выступают зеленые насаждения. Они выполняют роль фильтра вредных примесей из воздуха, ионизируют и очищают воздух от пыли, выделяют фитонциды, снижают шумовое загрязнение, оказывают положительное эмоциональное воздействие. Однако высокая степень загрязнения окружающей среды, присущая урбанизированным территориям, приводит к ослаблению растений, поражению их болезнями и вредителями, поэтому их роль в улучшении среды обитания человека существенно снижается. С целью своевременного выявления влияния на зеленые насаждения болезней, вредителей и других негативных факторов следует регулярно проводить мониторинг их состояния.

Материалами к работе послужили данные детального фитопатологического обследования зеленых насаждений улиц, скверов и парков Советского и Кировского районов г. Красноярска, выполненного по общепринятым методикам [7, 8, 9]. Оценку состояния деревьев осуществляли путем их перечета с распределением по категориям состояния, определяемым по комплексу визуальных признаков (густоте и цвету кроны, наличию и доле усохших ветвей и др.). Диагностику болезней производили по анатомо-морфологическим признакам у пораженных деревьев, а также репродуктивным органам возбудителей, руководствуясь специальной литературой [1, 2, 3, 5, 10, 12]. При определении вредителей и повреждений использовали специальные определители и справочники [2, 4].

В результате детального фитопатологического обследования были выявлены основные болезни и повреждения энтомовредителями. Среди болезней преобладающими оказались болезни стволов и ветвей, представленные некрозами и раковыми заболеваниями. Некроз выявлен на 20 породах в Советском районе и на 12 породах в Кировском районе. Наибольшая пораженность некрозами отмечалась на проспекте Красноярский рабочий Кировского района, а также на улицах Ферганского, Тельмана и в сквере около улицы Металлургов Советского района.

Среди древесных пород наиболее высокие показатели распространенности некрозов выявлены на вязах шершавом и мелколистном, боярышнике кроваво-красном, черемухе обыкновенной и Маака, яблоне сибирской, тополях бальзамическом и серебристом, бузине красной.

Некрозы связаны с поражением деревьев патогенными микромицетами, насекомыми, а также причинами непаразитарного характера (подмерзание, засуха, техногенное воздействие, различные механические повреждения). Чаще отмечались некрозы смешанной этиологии.

Среди возбудителей инфекционных некрозов выявлены следующие микромицеты: Cytospora chrysosperma (Pers.) Fr. - на тополе бальзамическом; C. personata Fr. - на березе повислой; Nectria cinnabarina (Tode.) Seav. - на рябине обыкновенной, кизильнике черноплодном, черемухе обыкновенной; Diaporte crataegi (Curr.) Nits. - на боярышнике кроваво-красном; Nummularia succenturiata (Tode.) Nitschke - на вязе мелколистном; Hendersonia sarmentorium West. - на клене ясенелистном.

Усыханию ветвей способствуют также повреждения яблоневой запятовидной щитовки (Lepidosaphes ulmi L.), побеговой тополевой тли (Pterocomma populeum Kalt.), акациевой ложнощитовки (Parthenolecanium corni Bouche.).

На трех породах выявлены раковые заболевания грибной и бактериальной этиологии. На лиственнице сибирской в Советском районе обнаружен дазисцифовый рак (возб.- плодосумчатый гриб Dasyscypha willkommii Hart.). На тополе бальзамическом встречается опухолево-язвенный рак (возб. - бактерия Pseudomonas remifaciens Koning.). Бактериальный рак выявлен и на вязе мелколистном в Кировском районе – (возб. - Ervinia nimipressuralis), называемый также «мокрой древесиной вяза»

в связи с типичными симптомами – истечение из трещин коры и древесины бесцветной, темнеющей на воздухе жидкости.

На стволах ряда древесных пород (вяза мелколистного, клена ясенелистного, черемухи Маака, яблони сибирской, яблони Недзвецкого и др.) были выявлены морозобойные трещины, которые со временем перерастают в раковые раны. В условиях городской среды состояние пораженных морозобоем деревьев усугубляется действием многих антропогенных факторов. В результате обследования были выявлены различные механические повреждения деревьев в виде ошмыгов, затесов, обламывания ветвей, поранений стволов. Указанные повреждения опасны не только тем, что ослабляют деревья, но и создают угрозу для заражения их возбудителями некрозно-раковых и гнилевых болезней.

Болезни листьев представлены мучнистой росой, пятнистостями, ржавчиной, деформацией, чернью, некрозом и хлорозом.

Мучнистая роса обнаружена на шести породах: клене ясенелистном (возб.- Suwadaea tulasnei (Fuckel) Homma), сирени венгерской (возб. – Erysiphe syringae Schwein), боярышнике кроваво-красном (возб. – Podosphaera clandestina (Wallr: Fr.Lew.), тополе бальзамическом (возб. – Erysiphe adunca (Wallr.) Fr.), карагане древовидной (возб. – Erysiphe palczewskii (Jacz.) U. Braun. S. Takam), бузине красной (возб.- Erysiphe vanbruntiana (W. R.Gerard) U. Braun S. Takam). Наибольшая распространенность болезни отмечена на бузине красной, карагане древовидной и клене ясенелистном. Поражение мучнистой росой приводит к преждевременному опаданию листьев, ослаблению растений, снижению их декоративности и устойчивости к неблагоприятным внешним факторам. Возбудители мучнистой росы предпочитают развиваться на поросли, молодых листьях и растениях. Поэтому при проведении уходов за растениями следует иметь в виду, что стрижка кустарников и обрезка деревьев, восприимчивых к мучнистой росе, может спровоцировать более сильное развитие болезни.

На пяти породах выявлены инфекционные пятнистости листьев, вызванные микромицетами: коричневая пятнистость на боярышнике кроваво-красном (возб. Ascochyta crataegi Fuckel.) и клене ясенелистном (возб.- Phyllosticta negundinis Sacc. et Speg.); бурая пятнистость на сирени обыкновенной (возб. – Cladosporium syringae (Oudem.) Montem.) и яблоне сибирской (возб. – Phyllosticta mali Prill. et Del.); белая пятнистость на карагане древовидной (возб. – Ascochyta borjomi Bond.).

На тополе бальзамическом отмечалась ржавчина листьев, вызванная разнохозяйным ржавчинным грибом Melampsora larici-populina Kleb.

На ряде древесных пород выявлена деформация, или курчавость листьев различной этиологии. На листьях березы повислой и тополя бальзамического деформация вызвана тафриновыми грибами – Taphrina betulina Rostr. и T. aurea (Pers.) Fr. Деформация листьев яблони сибирской, яблони Недзвецкого и сирени венгерской связана с действием низких температур на молодые, только что распустившиеся листья в поздневесеннний период. Повреждения низкими температурами сопровождались сильной морщинистостью, курчавостью листовой пластинки и внешне напоминали симптомы деформации листьев, вызванной тафриновыми грибами. На боярышнике кроваво-красном деформацией листовой пластинки сопровождалось поражение листьев мучнистой росой. Наиболее часто причиной деформации листьев являлось повреждение растений сосущими насекомыми-тлями. Скапливаясь в массе на листьях и зеленых побегах растений тли высасывают соки, сильно деформируя листья. Это угнетает и ослабляет растения, снижает их прирост и морозостойкость. Кроме этого на сахаристых выделениях тлей поселяются сапротрофные сажистые грибы p. Fumago, p. Dematium. p. Cladosporium и др., вызывающие чернь листьев. Распространяясь на

поверхности листьев эти грибы затрудняют доступ света и воздуха к тканям, вследствие чего нарушаются фотосинтез и газообмен, что может привести к преждевременному отмиранию листьев и снижению декоративности.

Признаки воздействия на древесные растения пыле-газообразных выбросов промышленных предприятий в виде краевого некроза листьев обнаружены на карагане древовидной, клене ясенелистном, черемухе обыкновенной, тополе бальзамическом, вязе мелколистном и вязе шершавом. Кроме этого отмечен некроз кончиков и частей хвои у сосны обыкновенной и ели колючей.

На ряде древесных пород выявлен хлороз листьев, связанный с несбалансированностью элементов минерального питания. Это можно объяснить негативным влиянием выбросов промышленных предприятий (особенно металлургических) города Красноярска и автотранспорта, которые являются основными источниками тяжелых металлов – главных загрязнителей окружающей среды. Основными предприятиями г. Красноярска, производящими выбросы соединений металлов, являются ОАО «Русал-Красноярск», ООО «КраМЗ», ООО «Сибирский инструментально-ремонтный завод» и др. Максимальная массовая доля выбросов приходится на алюминий – выше 900 т/год, соединения железа – 46 т/год, меньшая доля отмечается для никеля и стронция [6].

В условиях загрязнения среды тяжелыми металлами ухудшается обеспечение растений элементами минерального питания в результате нарушения поглотительной способности корня, а также возникающих антагонистических взаимоотношений металлов-загрязнителей с элементами минерального питания. Взаимодействие тяжелых металлов и элементов минерального питания растений отражается на фотосинтезе, дыхании, росте и развитии. Причем химические элементы взаимодействуют как при поглощении металлов из почвенного раствора корнями, так и при поступлении через поверхность листовой пластинки [11].

Кроме болезней были выявлены различные повреждения растений насекомыми в виде погрызов, минирования, скелетирования, скручивания листьев и образования галлов. Среди насекомых-фитофагов преобладали чешуекрылые, представленные разными экологическими группами: открытоживущими, минерами, галлообразователями. Достаточно часто встречались насекомые с ротовым аппаратом колюще-сосущего типа – тли, щитовки.

Проведенные исследования показали, что на состояние зеленых насаждений г. Красноярска оказывают влияние многие факторы, среди которых основными являются антропогенные воздействия и патогенные организмы, приводящие к развитию сопряженных болезней.

Библиографический список:

1. Аминев, П.И. Сосудистые, некрозно-раковые и гнилевые болезни древесных пород городских и садово-парковых насаждений: лабораторный практикум для студентов спец. 250203 Садово-парковое и ландшафтное строительство очной и заочной форм обучения / П.И. Аминев, И.Е. Сафронова.- Красноярск: СибГТУ, 2011.- 76 с.

2. Вредители и болезни цветочно-декоративных растений/ Ю.В. Синадский [и др.].- М. – Наука, 1982. - 592 с.

3. Гвоздяк, Р.И. Бактериальные болезни лесных древесных пород/ Р.И. Гвоздяк, Л.М. Яковлев.- Киев: Наукова думка, 1979. – 242 с.

4. Гусев, В.И. Определитель повреждений лесных, декоративных и плодовых деревьев и кустарников / В.И. Гусев. - М.: Лесная пром-сть, 1984. - 471 с.

5. Журавлев, И.И. Определитель грибных болезней деревьев и кустарников: справочник/ И.И. Журавлев, Т.Н. Селиванова, Н.А. Черемисинов. - М.: Лесн. пром-сть, 1979. - 247 с.

6. Корректировка сводного тома предельно допустимых выбросов для г. Красноярска.- Т.1, кн.1: Пояснительная записка.- Красноярск: ООО «Экология», 2012. - 418 с.

7. Методы мониторинга вредителей и болезней леса/ Справочник. Т.III. Болезни и вредители в лесах России.- М.: ВНИИЛМ, 2004.- 200 с.

8. Оценка жизнеспособности деревьев и правила их отбора и назначения к вырубке и пересадке: учебно-методическое пособие. - 2-е изд./ Е.Г. Мозолевская [и др.]. - М.: МГУЛ, 2007. - 40 с.

9. Руководство по планированию, организации и ведению лесопатологических обследований. Приложение 3 к приказу Рослесхоза от 29.12.2007 № 523. - 74 с.

10. Томошевич, М.А. Атлас патогенных микромицетов древесных растений Сибири/ М.А. Томошевич; отв. ред. И.Ю. Коропачинский. – Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2012.- 250 с.

11. Устойчивость растений к химическому загрязнению: учебное пособие /Р.В. Кайгородов.– Пермь: Пермский гос-ный университет, 2010.- 151 с.

12. Щербин-Парфененко, А.Л. Бактериальные заболевания лесных пород/ А.Л. Щербин-Парфененко.- М.: Гослесбумиздат, 1963.- 148 с.

УДК 630. 36

М.П. Гордеев
П.Г. Колесников

АНАЛИЗ КОМПОНОВОЧНЫХ СХЕМ РАБОЧЕГО ОБОРУДОВАНИЯ ФРОНТАЛЬНЫХ ЛЕСОПОГРУЗЧИКОВ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М.Ф. Решетнева»
г. Красноярск

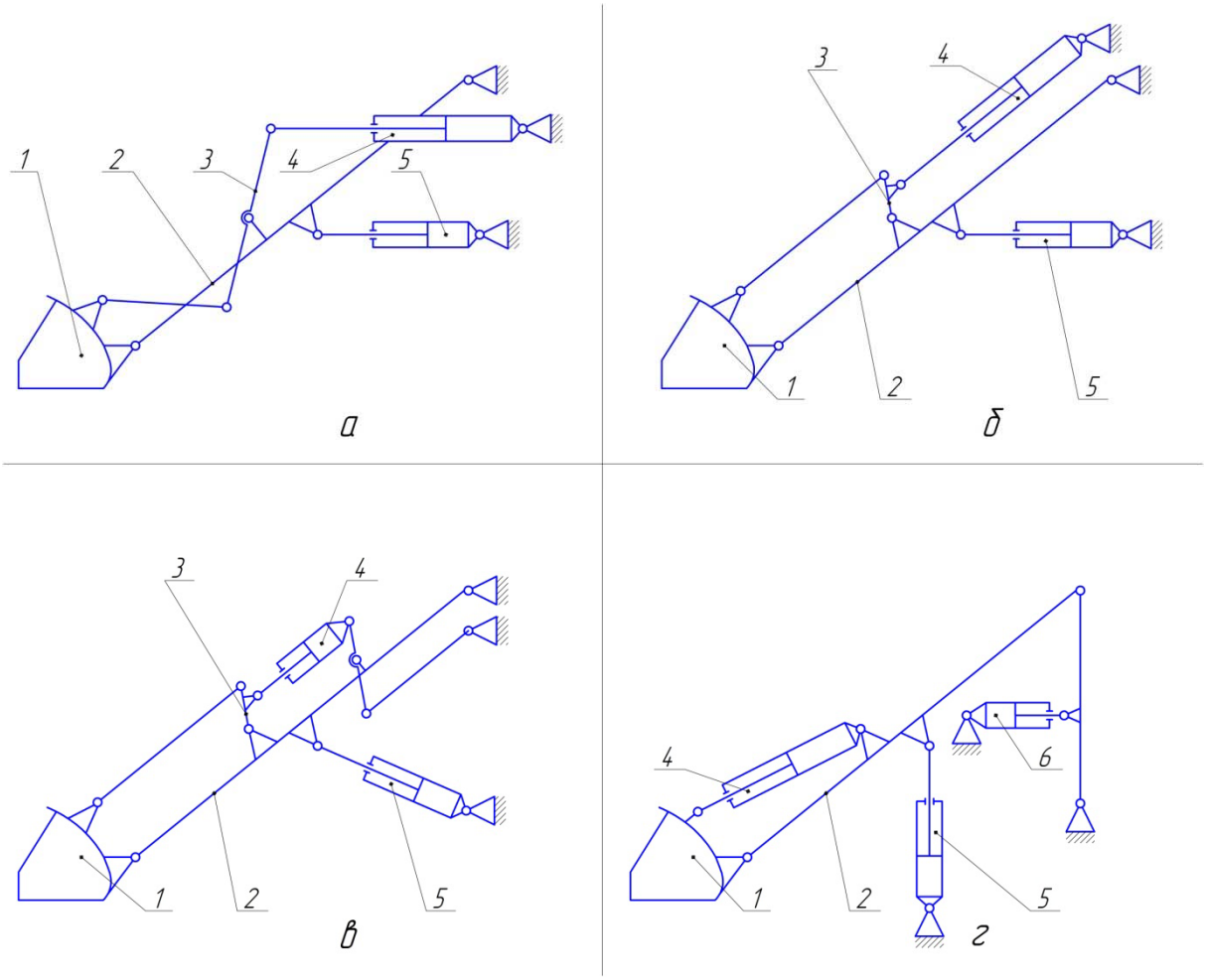
В статье рассматриваются вопросы проектирования и выбора оптимальной схемы механизма рабочего оборудования фронтальных лесопогрузчиков.

Лесодобывающая отрасль – одна из тех сфер народного хозяйства, где условия производства требуют наличия мощной и надежной специальной техники. Одним из наиболее важных типов спецтехники, используемой в этой отрасли и обладающей полифункциональностью, является лесопогрузчик. По своей конструкции лесопогрузчики представляют собой самоходный транспорт на гусеничном или колесном ходу. Основное предназначение - производство набора и укладки лесоматериалов без применения ручного труда. Базой для лесопогрузчиков служат автопогрузчики, тракторы на гусеничном или колесном ходу, а также на специально сконструированных для этих целей шасси. По виду рабочего оборудования различают лесопогрузчики с фронтальным и с боковым расположением груза (применяются на деревообрабатывающих предприятиях). Фронтальные лесопогрузчики могут быть лифтового типа с вертикальной рамой, по которой перемещается рабочий орган, либо с шарнирно закреплённой на шасси стрелой, поворачивающейся в вертикальной плоскости в пределах 90°, а в некоторых случаях на угол, близкий к 180° (с переносом груза через лесопогрузчик). Рабочие органы сменные (челюстного, грейферного или грейферно-бульдозерного типа). Иногда лесопогрузчики оснащают вилочными подхватами, ковшами и другим съемным оборудованием для перемещения грузов. Для погрузки на лесовозы хлыстов и деревьев с кроной на верхних складах лесосек используются фронтальные лесопогрузчики.

В настоящее время фронтальные лесопогрузчики широко используются в лесной промышленности. Они привлекаются к работам, связанным не только с разгрузкой лесовозов, но и могут формировать штабеля запасов, заниматься очисткой лесонакопителей от сортамента, транспортировать материалы по территории складов. Помимо этого, лесопогрузчик может использоваться в строительстве и уборочных работах.

На рисунке 1 приведены наиболее распространенные компоновочные схемы рабочего оборудования фронтальных погрузчиков [1, 2].

Чаще всего в лесной промышленности компоновочные схемы представлены на рисунке 1 а, б (соответственно, схема с перекрестным поворотным механизмом, схема с параллельны поворотным механизмом). Схемы, представленные на рисунке 1 в, г - применяются, как правило, при разработке конструкций тяжелых погрузчиков грузоподъемностью свыше 100 кН.



1-ковш; 2-стрела; 3-механизм поворота ковша; 4-гидроцилидр поворота ковша; 5-гидроцилидр подъема стрелы; 6-гидроцилиндр наклона стойки.

Рисунок 1 – Схема механизмов рабочего оборудования

Анализируя кинематику рабочего оборудования лесопогрузчика с параллельным поворотным механизмом, представленную на рисунке 2 а, можно сделать вывод, что в данной компоновке захват имеет недостаточный угол запрокидывания и худший показатель выгрузки.

Наиболее оптимальной для лесной промышленности является схема рабочего оборудования, представленная на рисунке 2 б – с перекрестным поворотным механизмом, потому, что самой тяжелой операцией является запрокидывание нагруженного захвата - выполняется поршневой полостью гидроцилиндров поворота при наибольшем плече тяги и коромысла, на которое действует гидроцилиндр захвата, который также обеспечивает быстрое опрокидывание захвата.

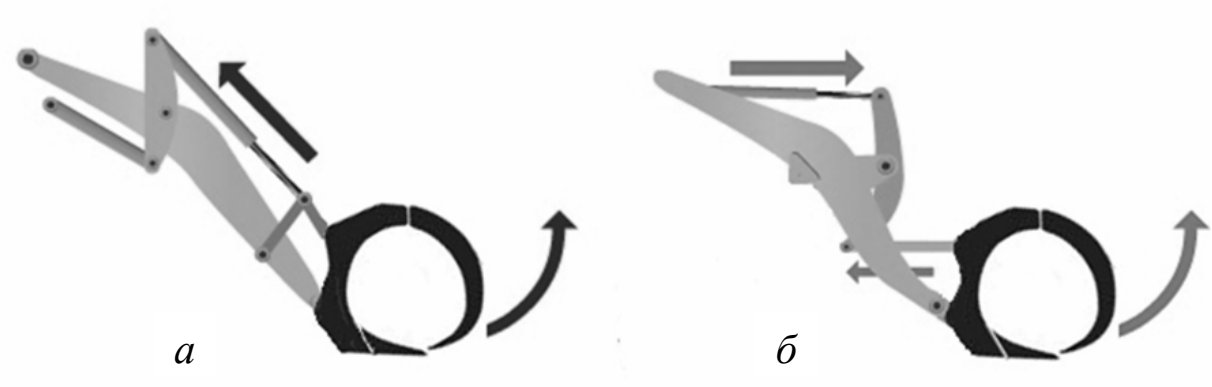


Рисунок 2 – Схема механизмов рабочего оборудования

Библиографический список:

1. Полетайкин В.Ф., Авдеева Е.В. Погрузочные машины: Учебное пособие для студентов специальности 171100 всех форм обучения. - Красноярск: СибГТУ, 1999. - 201с.
2. Полетайкин В.Ф., Авдеева Е.В. Погрузчики одноковшовые строительные и лесопогрузчики фронтальные: Методические указания по курсовому проектированию для студентов специальностей 171100, 170401 всех форм обучения. - Красноярск: СибГТУ, 2002. - 28с

УДК 630.36/.37:347.771

Т.Е. Скоробогатова
Е.Н. Аешина
Н.Е. Шумарина

АНАЛИЗ ПАТЕНТНОЙ ИНФОРМАЦИИ О ТЕЛЕСКОПИЧЕСКИХ МАНИПУЛЯТОРНЫХ УСТРОЙСТВАХ ЛЕСНЫХ МАШИН

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М.Ф. Решетнева»
г. Красноярск

В статье проводится анализ зарубежных и отечественных изобретений в области технической оснащенности лесного комплекса, что является важным источником для определения современного уровня техники и прогнозирования ее развития.

Для повышения степени технической оснащенности лесного комплекса, большое значение имеет разработка патентоспособных научно-технических решений. Патентоспособность свидетельствует о новизне и полезности технических решений, а также создает условие для закрепления за ними в международном масштабе коммерческого приоритета. В этом плане исключительное значение приобретает патентная информация. Патентная литература считается важнейшим источником информации не только для определения современного уровня техники, но и для достоверного прогнозирования ее развития. Из описания к патенту мы получаем

информацию об изобретениях на 3-5 лет раньше, чем о них сообщается в других видах информации. Незнание патентов, выданных в той или иной области техники, ведет к созданию неконкурентоспособных и непатентованных решений. Кроме того, применение технических решений, взятых из патентных описаний, позволяет осуществлять новые разработки без лишних затрат.

Анализ ретроспективной части фонда зарубежных и отечественных изобретений, а также текущих поступлений последних лет показывает, что в мире продолжают активно разрабатываться и патентоваться средства механизации работ по валке леса, очистке деревьев от сучьев, трелевке, погрузке на лесовозный подвижной состав, сортировке.

В течение нескольких десятилетий на этих работах успешно эксплуатируются лесные машины, оснащенные телескопическими манипуляторами, что позволило значительно расширить технологические возможности машин, облегчить работу операторов.

Анализируя патентную информацию, можно выделить несколько тем, по которым широко ведутся разработки и патентование лесных машин, оснащенных телескопическими манипуляторными устройствами.

По теме: «Многооперационные лесозаготовительные машины»

Изобретена машина для обрезки сучьев с поваленных деревьев (патент США 3351107). Машина снабжена горизонтальной телескопической стрелой, поворотно-монтируемой на гусеничном шасси. На ее конце имеется устройство для захвата, подъема и подачи дерева в роторную режущую головку. В машине предусматривается установка окорочной головки и раскряжевочного ножевого узла, а также возможность пакетирования сортиментов.

Изобретена машина для раскряжевки дерева в вертикальном положении, после протаскивания его через сучкорезные органы (патент США 3385333). Рабочие органы для обработки растущих деревьев закреплены на конце телескопической балки, горизонтально смонтированной на гусеничном шасси.

Выборочная рубка нежелательных по лесоводственным требованиям деревьев эффективна, если проводить срезку отдельных частей дерева сверху вниз с выносом срезанной части дерева в плоскости манипулятора. Для этих целей служит валочно-раскряжевочная машина для ступенчатой заготовки частей дерева с переворачиванием срезанной части дерева в плоскости манипулятора на угол не менее 270˚ и укладки ее сзади машины. Для этой цели комбинированный манипулятор машины оснащен механизмом поворота рукояти в виде кулисы с двумя гидроцилиндрами представленным а. с. 1711721 СССР. Механизм установлен между телескопической балкой и рукоятью с рабочим органом. Две телескопические балки относительно друг друга поворачиваются одним гидроцилиндром, и обе балки относительно третьего шарнира – сочлененного звена – кулисным механизмом. Такое исполнение позволяет манипулировать рабочим органом с углом поворота в плоскости манипулятора более 360˚. Практически на полную длину телескопы выдвигаются при поднятии рабочего органа вверх (к кроне растущего дерева).

По теме: «Сучкорезные машины и установки»

Шведская сучкорезная установка (национальный патент 458673) включает станину и расположенные с ее боковых сторон поворотные в горизонтальной плоскости телескопические балки, на свободных концах которых размещены браслетные сучкорезные органы. Трактор с лебедкой служит для протягивания уложенного на станину ствола дерева. С помощью специальных приспособлений ствол двигается ориентированно.

Австрийская сучкорезная установка (национальный патент 381900) работает по принципу протаскивания обрабатываемого дерева через ножевую головку с помощью захвата, укрепленного на внутренней секции телескопической стрелы-балки.

По теме «Тракторы для бесчокерной трелевки»

В патенте США 3227295 заявлена гусеничная машина с расположенной над кабиной вдоль продольной оси телескопически раздвигаемая стрела с захватом на конце. С его помощью деревья собираются и укладываются на специальный коник. Такая машина была изготовлена и применялась для сбора и трелевки деревьев с кроной в системе «Арбоматик».

По теме: «Многофункциональное навесное оборудование»

Раскряжевочный манипулятор (а.с. 1666294 СССР) содержит одно опорное и два подвижных телескопических звена, соединенные приводами выдвижения в виде шарнирных двухзвенников с гидроцилиндрами. На конце последнего подвижного звена установлен пильный механизм, на среднем звене – захват, а на первом – упор. Функциональное расширение возможно в двух направлениях: дополнение раскряжевки техническими функциями обработки отпиленных бревен; дополнение раскряжевки техническими функциями дообработки растущего дерева до состояния, возможного для реализации функции раскряжевки.

Положительное решение по заявке 4840345/15 получил телескопический манипулятор для выполнения функций раскряжевки и последующей расколки метровых чураков на поленья. На подвижном звене, которого установлен охват с пилой. От плоскости пилы на расстоянии одного метра снизу закреплен упор с ножевой головкой для расколки. После отпиливания манипулятор поворачивается и над кассетой для поленьев упирает чурак об неподвижную стойку. При этом охват освобождает чурак, а подвижная секция, продвигаясь вперед, ножами раскалывает его. Паленья падают вниз в накопитель.

В авторском свидетельстве 1017226 СССР представлен пример соединения двух телескопических манипуляторов (под прямым углом) так, что один из них становится дополнительной опорой при работе основного манипулятора. Два разнофункциональных рабочих органа (захватно-срезающее устройство и грейферный захват для пачки деревьев) установлены на концах двух манипуляторов. Первый из них выполнен в виде многозвенного телескопа, к концу среднего звена которого подсоединен под прямым углом двухзвенный телескопический манипулятор.

В конструкции по а. с. 1299953 СССР двухзвенный телескоп оснащен фиксатором, управляемым из кабины с помощью небольшого гидроцилиндра. Фиксатор выполнен в виде подпружиненных пальцев с двух боковых сторон звеньев. На звеньях изготовлен ряд отверстий. При открытии пальцев подвижная часть телескопической рукояти падает вниз до тех пор, пока оператор не включит фиксатор. Для втягивания подвижное звено опирается о землю и, при открытии пальцев фиксатора, оператор включает поворот основной стрелы. После заталкивания фиксатор снова включается. Такой принцип позволяет отказаться от дополнительного силового гидроцилиндра.

По теме: «Шагающие манипуляторы»

Свойство любой точки манипулятора перемещаться в пространстве относительно любой точки места его закрепления позволяет решать технические задачи автономного передвижения относительно неподвижных предметов обработки (растущие деревья, мелиоративные каналы и т.п.) и с обрабатываемыми предметами относительно поверхности грунта (воды или иной среды). Для валки деревьев на горных склонах, а также болотистой местности автономный манипулятор выполнен с двумя рабочими органами, шарнирно закрепленными на концах телескопического манипулятора по а. с.

459194 СССР. Автономный манипулятор базовой машиной доставляется на лесосеку. Вначале одним из рабочих органов манипулятор закрепляется за дерево. Затем с помощью гидроцилиндров второй рабочий орган ориентируется на близко стоящее дерево, которое затем захватывает. Далее один из рабочих органов срезает дерево и укладывает его в пачку поворотом манипулятора относительно другого рабочего органа. Одна транспортная машина может обслуживать несколько таких манипуляторов, которые управляются дистанционно одним оператором.

Из проанализированной части патентной информации можно выделить несколько основных направлений разработки новых технических решений с использованием телескопических устройств:

- Создание многооперационных лесосечных машин, выполняющих кроме обрезки сучьев и раскряжевку хлыстов на сортименты, продолжает осуществляется в двух направлениях – для обработки поваленных деревьев и деревьев в вертикальном положении, на корню или после срезания.
- Разделение рабочих органов по обработке деревьев, когда два или более механизма одной машины выполняют операции одновременно.
- Решение проблемы механизации выборочных рубок. Такие рубки, наряду со сплошными, позволяют полнее удовлетворять потребности в древесине; кроме того, обеспечивают непрерывное использование леса, способствуют улучшению его качества.
- Использование принципа заимствования, когда успешно эксплуатируемые сборочные единицы применяются в новых конструкциях машин. Это делается для того, чтобы оставить право выбора базовой машины за потребителем в зависимости от условий работы.
- Проектирование автономных телескопических манипуляторов, действующих в сложных природохозяйственных условиях (крутые горные склоны, болотистые местности).

Библиографический список:

1. Можаев Д.В. Валочные, трелевочные и многооперационные лесосечные машины: обзор изобретений / Д.В. Можаев, Р.М. Кирьякова - М.: ВНИПИЭ Илеспрома , 1973.- 64 с.
2. Мазуркин П.М. Манипуляторные машины: учебное пособие / П.М. Мазуркин – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2001. - 354с.
3. Можаев, Д.В. Зарубежные лесозаготовительные машины в новых изобретениях / Д.В. Можаев, В.Е. Гейне / Лесная промышленность. - 1991. - № 10. - С. 30-31

УДК 630.36

Н.А. Страшко

ВЗГЛЯД НА СОВРЕМЕННЫЕ МОБИЛЬНЫЕ КАНАТНЫЕ ТРЕЛЕВОЧНЫЕ УСТАНОВКИ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнёва»
г. Красноярск

В статье представлен аналитический обзор мобильных канатных трелевочных установок, использующиеся в лесозаготовительной промышленности.

Существенная часть лесозаготовительной территории России имеет заболоченную местность, сырые грунты или пересеченный рельеф. Колесным и гусеничным трелевочным тракторам по таким лесосекам двигаться крайне сложно и зачастую невозможно. В этих случаях целесообразно применять канатные трелевочные установки для трелевки леса.

На лесозаготовках применяют различные канатные трелевочные установки. По способу трелевки их можно разделить на наземные, полуподвесные и подвесные.

Установки для наземной и полуподвесной трелевки менее сложны по устройству и более производительны в сравнении с трелевочными установками для подвесной трелевки. Но они существенно разрушают почву и подрост, из-за этого они не так широко используются.

Для канатных трелевочных установок применяется несущий канат, который натягивается между опорами (мачтами). Для трелевки леса с длиной каната до 400 м используются однопролетные установки, а для транспортировки на расстояние до 2000 м - многопролетные.

Для лесозаготовительных работ в лесосеках со слабой несущей способностью грунтов в ИркутскНИИЛПе ещё в 1984 году на Вологодском тракторoремонтном заводе была выпущена первая самоходная канатная установка МЛ-43-1, на базе трактора ТТ-4. Она включает в себя лебедку с искусственной тыловой передвижной опорой, четыре канатных барабана для каждого отдельного каната и технологическое оборудование.

Для освоения горных лесов Восточной Сибири и Дальнего Востока в этом же институте была создана установка МЛ-43А-1 (рисунок 1) [7].

Рисунок 1 - Канатная трелевочная установка МЛ-43А-1

Это были первые мобильные канатные трелевочные установки для транспортировки леса при помощи канатной дороги. На данный момент существует множество современных подобных установок, которые были разработанные в Словении, Норвегии, Швеции и России, которые находятся в эксплуатации.

Первая из современных установок - это OWREN 400 [4]. Данная трелевочная установка способна монтировать несущий канат как к естественной тыловой опоре, к нижней части дерева, так и к искусственной. Данная установки предназначена для трелевки древесины по крутым склонам в полуподвешанном состоянии, как вверх по склону, так и вниз. OWREN 400 оснащен гидравлическим приводом, который обеспечивает выполнение практически всех основных функций. Максимальное расстояние трелевки составляет 400 метров. Машина оснащена дизельным двигателем мощностью 134 кВт (180 л.с.).

Гидропривод питает три канатных барабана и гидроцилиндр подъема стальной мачты высотой 9 метров. Тяговое усилие рабочей линии 5 000 кг, а скорость движения каретки по несущему канату может быть до 8 м в секунду.

Управление осуществляется с помощью двух джойстиков дистанционного управления, которые могут быть удалены от установки на расстоянии 20 метров, что позволяет оператору всегда быть в безопасном месте и иметь хороший обзор рабочей зоны.

Рисунок 2 - Канатная трелевочная установка

В России на базе OWREN 400 сделали аналог OWREN 400 RU, сменив базу канатной установки на Урал и Камаз, тем самым приспособив канатную трелевочную установку к российским условиям.

В Словении в 2012 году была выпущена, отличающаяся от остальных, передвижная лесная канатная установка MOZ TAJFUN [6].

Основными аргументами, которые позволили MOZ 300 занять место на самом верху современных и эффективных систем лесозаготовки являются:

- Современная и компактная конструкция,
- Исключительная мобильность позволяет быстрое и простое размещение и запуск на новом месте,
- Большая рабочая зона, высокая производительность и безопасное управление,
- Дистанционное управление, с одним или двумя дополнительными передатчиками, управление Smart-Drive™
- Собственная гидравлическая система. [1]

Важным элементом безопасности MOZ 300 является дистанционное управление ее работой, что обеспечивает удобство и безопасность оператору и позволяет изменять скорость движения троса. Система управления также автоматически останавливает работу лебедки на предварительно указанной конечной отметке и при перегрузке ограничивает скорость при перегреве двигателя, автоматически включает и отключает тормоза. Тяговое усилие составляет 3,5–8,5 тонн. Грузоподъемность на первой скорости — до 3 тонн, на второй — до 1,5 тонн, необходимая мощность трактора — 60 кВт, первая скорость перемещения троса — до 2 м/с, вторая — до 4 м/с, вес троса — 2700 кг. Мачту со шкивами поднимают при помощи телескопического цилиндра на высоту до 6 м. [2]

Рисунок 3 - Канатная трелевочная установка MOZ 300

Также существует передвижная канатная установка МЛ-139 [5]. В состав данной канатной установки входит шасси от КамАЗа-43118, навесное технологическое оборудование, включающая в себя мачту, кабину с пультом управления, лебедки несущего, тягового и возвратного канатов, гидравлическая система и электрооборудование. Также она имеет трелевочную каретку с радиоуправляемым приводом тормозной системы.

Рисунок 4 - Канатная трелевочная установка

Последняя канатная трелевочная установка и самая многофункциональная - современная канатная трелевочная установка.

Современные трелевочные мобильные канатные установки включают в себя следующие элементы: мачта; канатно-блочная система; привод лебедки; каретка со стропами; гидравлический манипулятор и харвестерная головка.

Стандартные мобильные установки комплектуются устройствами дистанционного управления и радиоконтроля, в частности:

- Система дистанционного управления грузовым канатом;
- Система контроля наклонна установки;
- Контроль работы барабанов лебедки.

- Управления лебедкой;
- Управление кареткой.

Широкое применение дистанционных радиоуправляемых систем позволяет повысить производительность и снижает травматизм. [3]

Начиная с 1984 года стали выпускаться мобильные (самоходные) канатные трелевочные установки, целесообразность применения которых на пересеченной, болотистой и другой труднодоступной для трелевочных тракторов местности была доказана. Сегодня современные канатные установки - это технологичные машины, которые могут составить конкуренцию колесным и гусеничным трелевочным тракторам.

Анализ литературы показал, что существуют различные мобильные канатные трелевочные установки, каждая из которых имеют ряд преимуществ перед другими. Есть смысл на основе существующих создать новую более многофункциональную, экономичную и производительную установку для лесозаготовки.

Библиографический список:

1. ООО «ТАЙФУН РУС» TAJFUN 300 [Электронный ресурс: режим доступа: - http://www.tajfun.ru/moz/]
2. Ляшенко Д. | Оборудование и инструмент для профессионалов / Д. Ляшенко // «Деревообработка» . – №1.-2013. [Электронный ресурс: режим доступа: http://www.informdom.com/uploads/docs/files/2013_wood/1/844/D_Lite_13_1d_page80_82.pdf]
3. Корпачев С.П. Современные трелевочные мобильные канатные установки обеспечивают безопасную работу / С.П. Корпачев // Интернет-журнал «Лесопромышленник». – 2008. [Электронный ресурс: режим доступа: http://www.lesopromyshlennik.ru/timber/tech_6.html]
4. Электронный ресурс: OWREN 400 - http://www.owren.no/index.php/no/egen-produksjon/owren-400.html#!P1010016
5. Машины и оборудования для лесозаготовок. [Электронный ресурс: режим доступа: //www.mir-lzm.ru/skidder/ml_139.html]
6. Рисунок MOZ - http://www.tajfun.ru/moz/
7. Рисунок МЛ-43А - http://www.ru.all.biz/samohodnaya-ustanovka-cpk5036318

УДК 630.31:658.562

С С. Ступников
А.В. Никончук

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ЛЕСОЗАГОТОВОК НА КАЧЕСТВО ЗАГОТАВЛИВАЕМЫХ ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнёва»
г. Красноярск

Для оценки влияния различных технологий лесосечных работ на качество круглых лесоматериалов используется ряд показателей качества, нормируемых в соответствующих нормативно-технических документах. К таким показателям относятся: наличие механических повреждений (или дефектов), дефектов обработки, загрязнений почвой (песком, глиной и пр.), несоответствие размеров сортиментов

техническим требованиям (условиям) на лесоматериалы представленных в контрактах, а так же дополнительным требованиям к качеству лесоматериалов, установленным на том или ином заготовительном предприятии [1, 2, 3].

К механическим повреждениям, возникающим в процессе заготовки, трелевки, сортировки, штабелевки и транспортировки лесоматериалов, относятся: вырыв, задир, обдир коры, запил (повреждение пилой, тросом, пачковым захватом трелевочного трактора, грейферным захватом форвардера и другими инструментами), заруб (повреждение топором).

К дефектам обработки относятся: сучья (не полностью срезанные сучья) и дефекты, вызванные механическими повреждениями при неправильной валке дерева и последующей раскряжевке его на сортименты, а именно: скол, отщеп, трещина, козырек, скос пропила.

На круглые лесоматериалы различного назначения в соответствии с нормативно техническими документами (например, ГОСТ 9462-88) устанавливаются размеры сортиментов, а именно диаметр, длины с учетом припусков и допусков и их градация. С учетом технических требований (условий) из контрактов потребителей могут быть внесены дополнительные ограничения, максимальный диаметр в комлевом торце и минимальный диаметр в верхнем торце сортиментов.

С целью определения качества лесоматериалов в зависимости от применяемых в настоящее время технологических процессов лесосечных работ были проведены исследования. Полигоном исследований была выбрана Томская область. Исследования проводились в 2015г. на базе 3 лесозаготовительных предприятий, обеспечивающих около 20 % всего объема лесозаготовок в области [5].

Сейчас на этих предприятиях используется три различных технологических процесса лесосечных работ:

На первом предприятии - *сортиментная машинизированная*: валка, обрезка сучьев и раскряжевка харвестером, трелевка форвардером: сорт (х+ф);

На втором предприятии – *заготовка деревьями, машинизированная*: валка валочно-пакетирующей машиной, трелевка скиддером (трелевочный трактор с пачковым захватом): дер (ВПМ+ТТ);

На третьем предприятии - *хлыстовая механизированная (традиционная)*: валка бензопилой, обрезка (обрубка) сучьев бензопилой (топором), трелевка чокерным трелевочным трактором: хлыст (б/п+ТТ).

По результатам исследования показателей качества лесоматериалов определяется процент повреждения. Методика определения величины повреждений следующая:

- прикрепляем к месту повреждения масштабированную линейку, таким образом, чтобы линейка не выходила за границы повреждения, не мешала и плотно прилегала к дереву;

- маркируем лесоматериал, закрепляя табличку с его порядковым номером и при необходимости номером обдира. Кроме этого на табличках отмечаем вид лесоматериала (дерево (Д), хлыст (ХЛ), сортимент (С));

- фотографируем место повреждения, используя электронный фотоаппарат. При этом необходимо, чтобы поперечная ось передней линзы фотоаппарата находилась параллельно поверхности лесоматериала (желательно использование штатива). После чего делаем панорамный снимок всего лесоматериала.

Пункты номер один, два, три проделываем со всеми местами повреждений (обдирами, вырывами).

4. Определяем основные параметры лесоматериала (диаметры торцов, общую длину), для этого понадобиться, мерная вилка и мерная лента. Размеры записываем.

5. Определяем особенности сбега лесоматериала путем замера диаметра в двух местах комлевой части, срединной и вершинной. При сортиментной технологии замер диаметра проводятся только в верхнем и нижнем отрезе круглого лесоматериала.

6. Когда все данные собраны, начинаем считать процент обдира.

Результаты проведенных исследований следующие:

- при технологии заготовки деревьями, машинизированным способом повреждения встречаются в 1-2% лесоматериалах, именно с механическим повреждениям. Такие повреждения получается в основном от захватов ВПМ и скиддера.

- при использовании хлыстовой механизированной технологии количество повреждений показало 3-4%. Повреждения встречаются при трелевке хлыстов, так как они волочатся по земле, пни так же повреждают хлысты. Чокерная оснастка может создать механическое повреждение в виде обрывов, задиров и выровов. Опять же при трелёвке, хлысты трутся о друг друга, тем самым содовая дополнительные повреждения.

- при заготовке по сортиментной машинизированной технологии было зафиксировано 5-6 %. Повреждения происходили от харвестерной головки при обрезке сучьев. Этот факт можно объяснить неправильной регулировкой её параметров, что и приводит к образованию обдиров коры, в том числе со снятием слоя древесины. По мнению авторов [4] этого можно избежать путем повышения квалификации рабочих занятых на валочных работах. Так же сортименты повреждаются за счёт манипулятора форвардера.

Библиографический список:

1.Леонтьев, Н. Л. Оценка качества круглых лесоматериалов [Текст] / Н. Л. Леонтьев. – М. : Лесная промышленность, 1977. – 96 с.

2. Полубояринов, О. И. Оценка качества древесного сырья [Текст] : учеб. пособие для студентов лесотехн. Вузов / О. И. Полубояринов. – Л. : ЛТА, 1971. – 69 с.

3. Шегельман, И. Р. Пороки и дефекты древесины [Текст] : учеб. пособие / И. Р. Шегельман. – Петрозаводск : КРИА, 2004. – 60 с.

4. Сравнение технологий лесосечных работ в лесозаготовительных компаниях Республики Карелия [Текст] / В. С. Сюнёв [и др.]. – Vammala : Vammalan Kirjapaino Oy, 2008. -127 с.

5. Стратегия социально-экономического развития Томской области до 2030 года [Элктронный ресурс] – Томск : 2015. – Режим доступа *tomsk.gov.ru›files/front/download/id/19371.*

УДК 630.3.23

А.А. Лисняк
И.В. Кухар

К ВОПРОСУ РАЗРАБОТКИ СПЕЦИАЛЬНЫХ ТРАКТОРОВ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнёва»
г. Красноярск

Рассмотрены вопросы разработки и применения специальных садовых и лесных тракторов

В настоящее время высока потребность в небольших садово-парковых и лесохозяйственных специальных тракторах класса тяги 6…9 кН. Обычно на садовых и лесохозяйственных работах применяются серийные колесные сельскохозяйственные тракторы с жесткой рамой, но они не удовлетворяют всем потребностям из-за недостаточной проходимости и маневренности при рубках ухода и на работах под пологом леса, а также своей компоновкой, исключающей установку специального садового и лесохозяйственного технологического оборудования.

В связи с многообразием условий работ в лесу и общим развитием лесного комплекса в России, а потом и в других странах возникла потребность в специальном колесном тракторе для проведения несплошных рубок и для лесовосстановительных работ на площадях без избыточного увлажнения почвы. Учитывая острую потребность лесного хозяйства в высоко проходимых, маневренных энергетических средствах, ведутся работы по созданию активных полуприцепов к сельскохозяйственным тракторам класса тяги 6…9 кН.

Агрегатирование заключается в том, чтобы соединить серийный колесный трактор с лесохозяйственным активным полуприцепом, собранным из серийных тракторных узлов (рисунок 1).

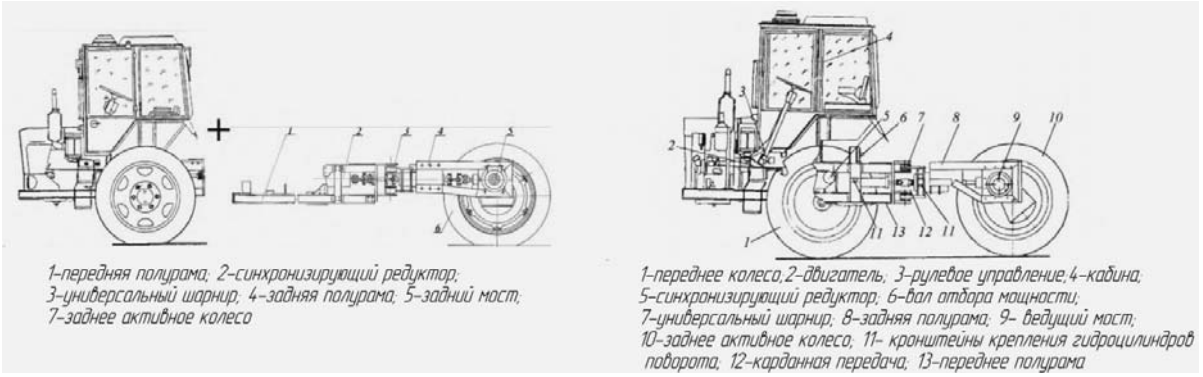
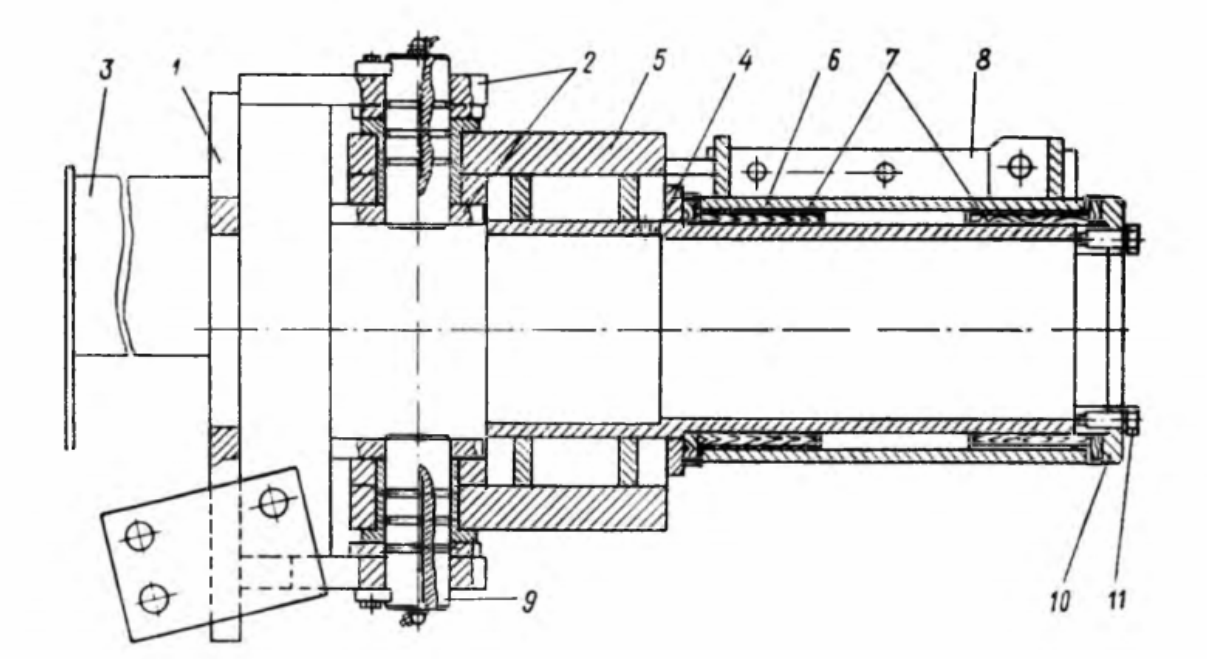


Рисунок 1 – Базовый модуль для рубок ухода на базе сельскохозяйственного трактора

В результате рама трактора будет состоят из двух полурам – передней и задней, соединенных между собой шарниром, позволяющим осуществлять поворот полурам относительно друг друга в двух плоскостях – в горизонтальной и вертикальной (поперечной).

Центральный универсальный шарнир (рисунок 2) состоит из плиты 1 с вилками 2, внутренней трубы 4 с вилкой 5 и наружной трубы 6 с запрессованными в нее подшипниками скольжения 7. Плита 1 в верхней части крепится через угольники 3 к картеру заднего моста трактора, а внизу – к передней полураме активного полуприцепа. Вилки 2 плиты 1 соединяются с вилкой 5 внутренней трубы 4 двумя вертикальными пальцами 9. Внутренняя труба 4 поворачивается в подшипниках 7 наружной трубы 6, которая соединяется пластинами 8 с задней полурамой активного полуприцепа. Перемещение трубы 4 в осевом направлении относительно трубы 6 ограничивается фланцем 10, который крепится болтами 11 к торцу трубы 4.



1 - плита; 2 - вилка плиты; 3 - угольник; 4 - внутренняя труба; 5 - вилка внутренней трубы; 6 - наружная труба; 7 - подшипник; 8 - пластина; 9 - вертикальный палец; 10 - фланец; 11- болт

Рисунок 2 – Центральный универсальный шарнир активного полуприцепа в сборе

В результате создается высоко проходимая универсальная транспортная система со свободным местом за кабиной, где можно разместить любое технологическое оборудование: лебедку, щит, гидроманипулятор, лесохозяйственную навеску, кузов и т.д.

Лесохозяйственный активный полуприцеп (рисунок 3) предназначен для выполнения многих садовых и лесохозяйственных работ: трелевки древесины при прореживании; проходных, санитарных, постепенных и выборочных рубках; лесовосстановления; борьбы с лесными пожарами; ландшафтной обрезки деревьев и кустарников, транспортных работ и как база для установки различного технологического оборудования.

Небольшие габариты и масса трактора в сочетании с высокой проходимостью и маневренностью позволяют широко применять его в лесном хозяйствеи ландшафтном строительстве. При работе под пологом леса трактор не повреждает подрост и корни деревьев; колеса большого диаметра с шинами низкого давления не нарушают лесной грунт; шарнирная рама позволяет проезжать между отдельно растущими деревьями, не повреждая их.

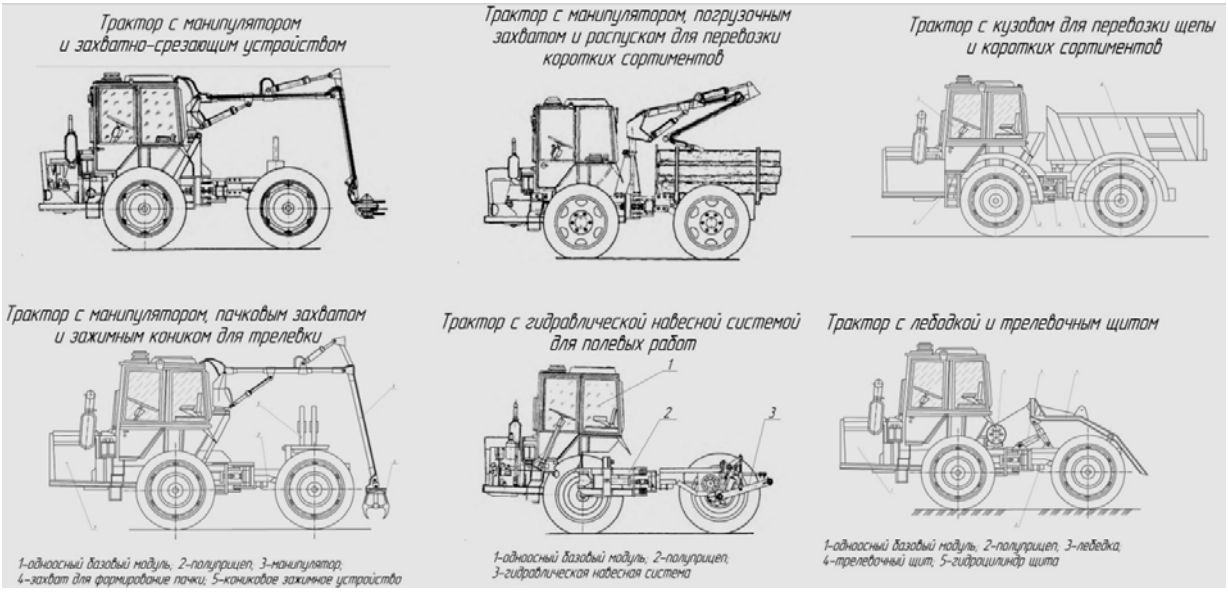


Рисунок 3 – Базовый модуль для рубок ухода на базе трактора

Конструкция трактора позволяет монтировать на нем различное технологическое оборудование. Например, на задней полураме можно установить трелевочный щит и лебедку; гидравлический манипулятор и коник, срезающее устройство, устройство для ландшафтной обрезки деревьев и кустарников, лесопосадочную машину дискретного типа и др.

Кроме того, трактор можно оборудовать серийной гидравлической навеской для агрегатирования с навесными машинами, что позволит применять его на технологических операциях в лесных питомниках, на обработке почвы, посадке саженцев, посеве лесных семян и т.д. Причем все перечисленное технологическое оборудование является съемным, что позволит в короткий срок переоборудовать трактор для различных работ. Трактор может выполнять лесохозяйственные работы во всех типах древостоев и искусственных лесонасаждениях.

Библиографический список:

1 Исследование компоновки лесных колесных тракторов с шарнирной рамой конструкции ЛТА. [Текст] / С.Ф. Козьмин [и др.]. – СПб.: СПбЛТА, 2010. – 98 с.
2 Исследование компоновки лесных колесных тракторов с шарнирной рамой конструкции ЛТА / Лесные тракторы МТЗ-82Л и Т-150КЛ с колесной формулой 6х6 и их модификации: учебное пособие. [Текст] / С.Ф. Козьмин [и др.]. - СПб.: СПбГЛТА, 2011.- 96 с.
3 Проектирование и применение специальных активных полуприцепов в лесном хозяйстве: учебное пособие. [Текст] / С.Ф. Орлов [и др.]. - Л.: ЛТА, 1979.- 88 с.
4 Лисняк, А.А. К вопросу компоновки лесных тракторов. А.А. Лисняк, И.В. Кухар. // Молодые ученые в решении актуальных проблем науки. Всерос. науч.-практ. конф. (с межд.участием). сборник статей студентов, аспирантов и молодых ученых.т.1. – г. Красноярск, изд. СибГТУ. 2016 г. С.157-159.

УДК 630.36/.37:621.865.8

Т.Е. Скоробогатова
Е.Н. Аешина
А.Д. Черноголовин

МАНИПУЛЯТОРЫ ЛЕСНЫХ МАШИН

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М.Ф. Решетнева»
г. Красноярск

В статье кратко описывается история развития манипуляторных устройств лесных машин. Раскрывается проблема недостаточно высокого технического уровня конструкций гидроманипуляторов лесных машин отечественной лесной промышленности и пути решения проблемы.

Древнейшим видом деятельности человека является заготовка леса. На первом этапе первобытный человек пользовался каменным рубилом зажатым в руке. Этот этап эволюции ручных инструментов показывает, что технологическое совершенствование машин определяется не механизацией перемещений, а, прежде всего, механизацией обрабатывающих функций. На первом этапе появился и затем совершенствовался обрабатывающий инструмент, который сохранился и будет наиболее значим в далеком будущем.

Второй этап, который длился несколько десятков тысяч лет, носит осознанно логический характер с использованием простейших рычагов и стержней. Орудия обработки за эти прошедшие тысячелетия развились до современного вида, но суть их остается прежней – дровосек с топором составляет манипуляторную машину. При этом тело человека является основанием, ноги – ходовой частью, руки – первыми звеньями, а рукоять топора - последним звеном такого манипулятора.

Если на первом этапе манипулятором было тело человека с рукой, то на втором этапе дополняется механическое звено и манипулятор становится биотехническим устройством.

На третьем этапе произошло полное отделение манипулятора от тела и конечностей человека. Простейшим рабочим органом является грузозахватное устройство, например веревка с петлей на конце. Поэтому манипуляторные механизмы появились на погрузочно-транспортных работах (строительство пирамид в Египте). История таких механизмов насчитывает несколько тысячелетий. В Древнем Ливане рычажными устройствами валили деревья (они подрубались топором). Рабочий становится двигателем этого устройства и поэтому находится рядом с простейшей манипуляторной машиной. В качестве привода выступали домашние животные и рабы, а в последствии – силы ветра и водопада. Этот третий этап не получил еще завершения в наше время.

Особое внимание уделяется четвертому этапу, когда человек-оператор находится внутри манипуляторной машины. Такие машины стали появляться в средневековье и наиболее бурное развитие получили в последние десятилетия. Это экскаваторы, лесозаготовительные машины и т.п. Оператор в машине становится управляющей частью.

Еще более значительно будущее автономных машин, вытесняющих в технике стационарные станки, поточные линии, заменяющие цеха и даже заводы. Оператор исключается из механической структуры и становится частью информационного

потока, и выполняет функции создания управляющих воздействий на механические части манипуляторной машины.

На пятом этапе, начавшемся с середины двадцатого века, робот-манипулятор обходится без человека-оператора, что происходит при оснащении машины управляющим устройством с искусственным интеллектом.

Погрузочно-разгрузочные, штабелевочные и другие переместительные операции в лесной промышленности занимают ведущее место и продолжают оставаться наиболее трудоемкими. От надежной работы грузоподъемных транспортных машин зависит ритмичность работы лесовозного транспорта и других этапов производства. В этих условиях широко стали применяться универсальные машины, оснащенные различного типа гидрофицированными манипуляторами, способными выполнять ряд операций в лесной и деревообрабатывающей промышленности. Высокие скорости рабочих операций и увеличенный крутящий момент механизма поворота, выносные опоры, позволяющие работать на косогорах, компактность конструкции, эргономичность обеспечивает высокую эффективность гидроманипуляторов.

В конструктивном отношении манипуляторы приобретают все большие функциональные возможности, способность пространственно-временного манипулирования предметом. Это указывает на то, что манипулятор должен быть рассмотрен обособленно от всего технического комплекса, изучен как функционально обособленный технический объект.

Производство манипуляторов для лесной отрасли началось в начале 60-х годов. Первыми серийными машинами, оснащенными манипуляторами, стали валочно-пакетирующие машины ЛП-11-1, ЛП-2, трелевочные тракторы ЛП-18А, ТБ-1.

Позднее в 70-е годы появились многооперационные машины: валочно-пакетирующая машина ЛП-19, валочно-трелевочные машины ЛП-17, ЛП-49, ЛП-53.

Манипуляторы этих машин обладали рядом недостатков, такими как, большая материалоемкость, энергоемкость, небольшой вылет, ангулярный тип конструкции, и др.

В перестроечное и постперестроечное время лесная промышленность нашей страны пришла в упадок, перестали разрабатывать и производить лесное оборудование, был сделан упор на закупку машин и оборудования для лесной промышленности импортных и совместного производства (Loglift, Софиты). Но ремонт и обслуживание импортной техники является экономически не эффективным.

Техническая оснащенность лесного комплекса в нашей стране в последние годы постоянно снижается и в настоящее время находится на уровне 60-х годов. Ситуация усугубляется еще и тем, что технические задания на конструирование новых типов машин стали разрабатывать сами заводы без учета интересов потребителей, исходя из сложившихся возможностей отечественного машиностроения. А это в свою очередь, еще более затормозило темпы технического оснащения лесного комплекса, в результате нарушился баланс ресурсов машиностроителей и потребителей технических устройств.

Для выхода из кризисного состояния разрабатываются Федеральные программы развития лесного машиностроения и создания и функционирования системы технического сервиса в лесном комплексе; заводы лесного машиностроения разрабатывают и выпускают гамму машин нового поколения. Суть нового мышления в машиностроении в том, чтобы опередить возникновение потребностей у будущих покупателей своей продукции, предугадать тенденции развития процессов функционирования машин и механизмов, обеспечить минимальные затраты на обслуживание и ремонт техники, добиться высокой экономичности при изготовлении и последующей модернизации на собственных производствах. Поэтому изучение спроса

потребителя является первоочередным на этапе проектирования машин и оборудования.

В сложившихся социально-экономических условиях на основании изучения спроса потребителя стал формироваться рынок отечественных машин и оборудования для лесного комплекса.

Опыт эксплуатации машин, оснащенных гидроманипуляторами, в лесной отрасли достаточно обширный, но технический уровень конструкции остается недостаточным. Основными конструктивными недостатками манипуляторов являются высокие энергоемкость и материалоемкость.

Конструкторами широко используется способ заимствования, когда успешно эксплуатируемые сборочные единицы применяются в новых конструкциях машин. Сборочные единицы манипуляторов (стрела, рукоять, тяга и др.) должны стать параметрически согласованными по своим типоразмерам с типоразмерами смежных модулей и унифицированными. Что создает возможность производства различных типов машин для лесозаготовки.

Современная тенденция в разработке манипуляторов – это проектирование и изготовление манипуляторов способных крепиться к любой модели базовой машины (автономные манипуляторы). Это делается для того, чтобы, во-первых, оставить право выбора базовой машины за потребителем в зависимости от условий работы, во-вторых, темпы модернизации и совершенствования базовых машин отличны от темпов развития манипуляторов, в-третьих, прослеживается тенденция по применению на одном этапе погрузочно-разгрузочных работ манипуляторов различной грузоподъемности.

Библиографический список:

1. Быков В.В. Технический сервис лесного комплекса: иллюстрированный справочный каталог транспортных средств / В.В. Быков, И.В. Воскобойников, И.Г. Голубев, В.И. Игнатов, А.Ю. Тесовский - М.: МГУЛ, 1999.- 204 с.
2. Мазуркин П.М. Манипуляторные машины: Учеб. пособие. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2001.- 354с.
3. Скурихин В.И. Технология и оборудование лесопромышленных производств. Техника и технология лесосечных работ при заготовке сортиментов: Учеб. пособие для студентов лесотехнических вузов, учащихся техникумов и колледжей / В.И. Скурихин, В.П. Корпачев –Красноярск: СибГТУ, 2004.- 186 с.

УДК 65.011.56

Г.Д. Моисеев [1]
П.Г. Колесников [2]

МИНИМИЗАЦИЯ МАССЫ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИИ КОРОБЧАТОГО СЕЧЕНИЯ ПРИ КОСОМ ИЗГИБЕ

[1] ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический университет», г. Брянск, РФ
[2] ФГБОУ ВО «Сибирский государственный аэрокосмический университет», г. Красноярск, РФ

Рассматриваются вопросы оптимизации коробчатых сечений элементов конструкции лесных и строительно-дорожных машин

Строительно-дорожные и машины лесного комплекса имеют рабочие органы, связанные с тяговым или энергетическим средством стержневыми элементами коробчатого тонкостенного сечения, например: стрелы, рукояти, толкающие брусья. Одним из основных показателей качества стержневых элементов является их металлоемкость при соблюдении условий прочности. Основной вид нагружения элементов при эксплуатации – косой изгиб.

Критерием оптимизации при ресурсосбережении может быть выбран минимум объема стержневого элемента при выполнении условия прочности. Функции, реализующие экстремум массы (площади поперечного сечения) коробчатого элемента при условии равнопрочности, определяются методами вариационного исчисления из системы уравнений Эйлера [1,2]

Схема коробчатого поперечного сечения приведена на рисунке 1, где B и H – соответственно ширина и высота сечения; δ_1 и δ_2 – соответственно толщина вертикальной и горизонтальной стенок сечения; $\gamma = B/H$ и $\alpha = \delta_1/\delta_2$ – параметры, определяющие форму поперечного сечения.

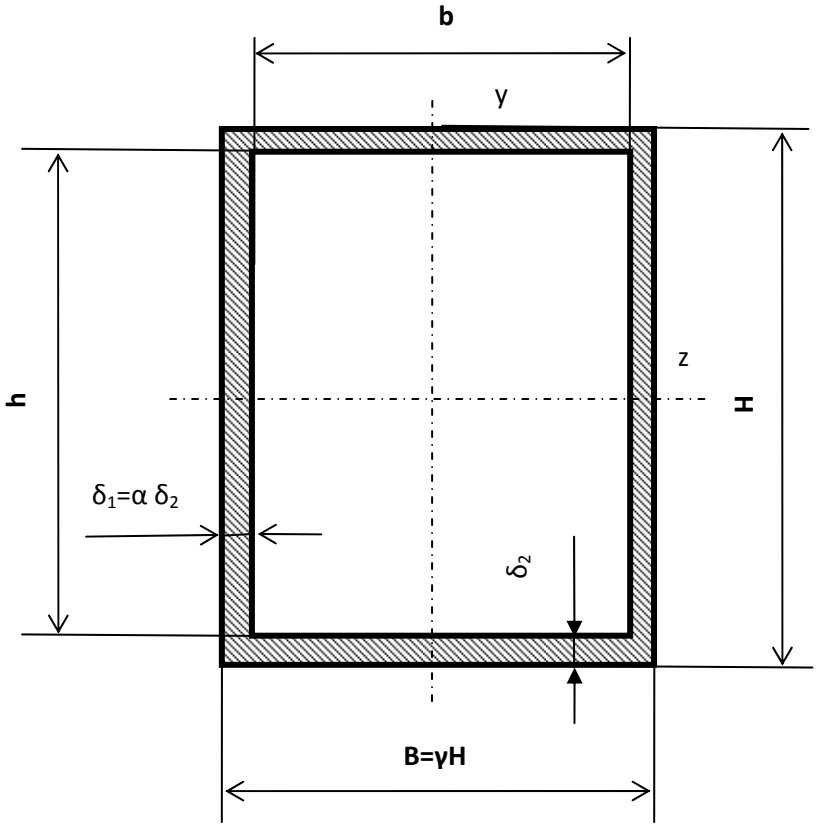


Рисунок 1 – Схема коробчатого сечения

Уравнение экстремали при нагружении продольной силой N, изгибающими моментами в вертикальной Mz, горизонтальной My плоскости и крутящим моментом T [1]

$$\left[\frac{|N|H}{2(\gamma+\alpha)}+\frac{3|M_Y|}{\gamma(\gamma+3\alpha)}+\frac{3|M_Z|}{3\gamma+\alpha}\right]\times\left[\frac{3|M_Y|}{\gamma^2}\frac{(\gamma-3\alpha)\alpha}{(\gamma+3\alpha)^2}+\frac{3|M_Z|(3\gamma-\alpha)}{(3\gamma+\alpha)^2}\right]+\frac{T^2(\gamma-\alpha)}{\gamma^3\xi^2}=0 \quad (1)$$

Наиболее распространённым при силовом нагружении является случай косого изгиба и уравнение экстремали (1) принимает вид

$$\left[\frac{3}{\gamma(\gamma+3\alpha)}+\frac{3|M_Z/My|}{3\gamma+\alpha}\right]\times\left[\frac{3}{\gamma^2}\frac{(\gamma-3\alpha)\alpha}{(\gamma+3\alpha)^2}+\frac{3|M_Z/My|(3\gamma-\alpha)}{(3\gamma+\alpha)^2}\right]=0 \qquad (2)$$

Решая уравнение (2) численными методами, определим оптимальное соотношение при минимальной площади сечения $\gamma = B/H$ и при $\alpha = \delta_1/\delta_2=1$, то есть при одинаковой толщине вертикальной и горизонтальной стенок в зависимости от соотношения изгибающего момента в вертикальной плоскости к изгибающему моменту в горизонтальной плоскости Mz/My. Интервал, в котором находится решение $\gamma \in [1/3, 3]$.

График зависимости γ от соотношения Mz/My приведен на рисунке 2.

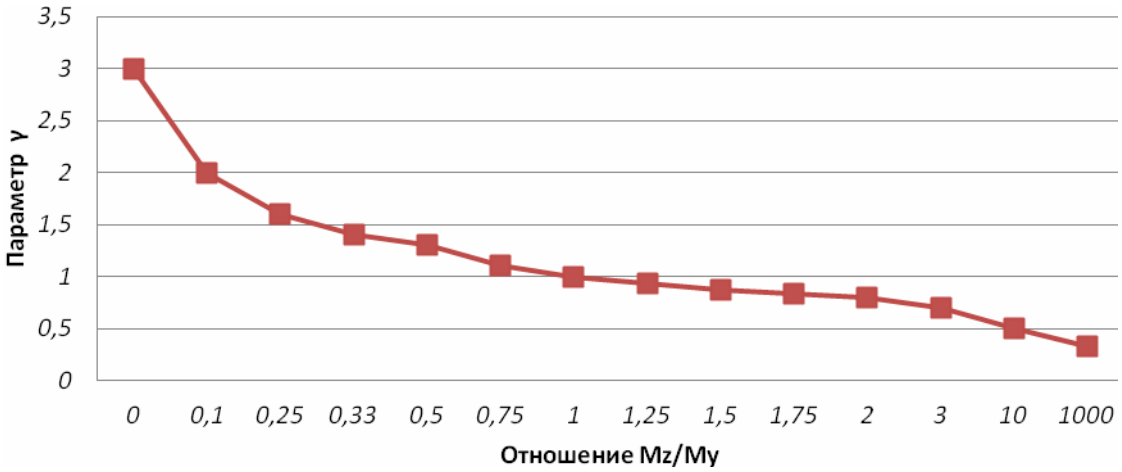


Рисунок 2 – График зависимости параметра γ=B/H коробчатого сечения минимальной площади от отношения изгибающих моментов Mz/My при косом изгибе

При Mz/My→∞, то есть My=0 γ=1/3; при Mz/My=0,то есть Mz=0 γ=3; при Mz/My=1,то есть при Mz=My γ=1 и, естественно, в сечении B=H.

Рассмотрим синтезированный пример: Mz=6000Нм, My=2000Нм, [σ]=300МПа, δ=5мм. Оптимальное значение параметра γ при Mz/My=6000/2000=3 из графика на рисунке 2 γ=0,7. Тогда из расчёта прочности в угловой точке сечения по упрощенным формулам [1] получим высоту сечения H=73.6мм, площадь сечения Aопт=1251,2мм^2 . При неоптимальном параметре γ=1,2 из расчёта прочности H=58,3мм, площадь сечения A=1282,6мм^2. Разница площадей сечений и массы стержневого элемента с одинаковой по длине формой по отношению к оптимальной составляет 2,51%.

Методика расчета формы стержня минимальной массы переменной по длине формы следующая:

1. Рассчитываются оптимальные формы сечений по длине стержня;
2. Полученные размеры аппроксимируются тем или иным методом по длине для получения оптимальной технологической формы;
3. В случае действия различных нагрузок во времени определяется среднее значение параметра γ по формуле

$$\gamma_{cp}=\sum_{j=1}^{m}\gamma_j A_j / \sum_{j=1}^{m} A_j ,$$

где m - количество случаев нагружения;

γ_j – значение параметра γ в j-м случае нагружения.

Библиографический список:

1. Савельев А.Г., Моисеев Г.Д., Прусс Б.Н., Михайловская В.А. Минимизация массы стержневых элементов коробчатого сечения // Механизация строительства. -2016.- № 7.- С. 46-48. - http://ms.enjournal.net/article/12503/
2. Савельев А.Г., Моисеев Г.Д. Анализ качества стержневых систем дорожно-строительных машин. Методы менеджмента качества. -2002. - №11.- С. 40–42.

УДК 630*6

И.В. Марченко
В.Н. Коршун

ОПТИМИЗАЦИЯ КООРДИНАТ ТОЧЕК ПОДВЕСА ГИДРОЦИЛИНДРОВ СТРЕЛЫ И РУКОЯТИ

ФБГОУ ВПО «Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М.Ф. Решетнева»,
г. Красноярск

Определить наилучшую компоновочную схему расположения гидроцилиндров привода стрелы и рукояти гидроманипулятора, исходя из условий ограничения компоновки.

Полагаем, что заданы основные проектные параметры манипулятора l_c, l_p и параметры, характеризующие его компоновку h_0, φ_0, ψ_0, $\varphi_{кон}$, $\psi_{кон}$. Требуется определить координаты подвеса гидроцилиндров, заданных значениями минимальной и максимальной (с вытянутым штоком) длины, обеспечивающие при полном использовании рабочего хода штока угловые перемещения стрелы и рукояти в заданных диапазонах углов φ и ψ. В данном случае на координаты точек подвеса гидроцилиндров никаких ограничений не наложено. В действительности точки подвеса должны располагаться в непосредственной. близости от наружной поверхности колонны, стрелы, рукояти.

Будем исходить из естественных требований, вытекающих из конструирования узлов крепления: узлы в виде проушин привариваются к наружным поверхностям указанных элементов манипулятора. При этом ограничения носят скользящий характер: положение точек подвеса отыскивается на отрезках прямых, параллельных осям звеньев манипулятора.

Поскольку выбор точек подвеса гидроцилиндров стрелы и рукояти удобно вести в различных системах отсчета, то рассмотрим последовательно эти две задачи.

Для стрелы начало неподвижной системы координат поместим в точке О (рисунок 1). Определим координаты точки подвеса гидроцилиндра стрелы в принятой системе координат:

$$x_1 = f, x_2 = a \cdot \sin\varphi_{кон} + d \cdot \cos\varphi_{кон},$$

$$y_1 = -k, y_2 = a \cdot \cos\varphi_{кон} - d \cdot \sin\varphi_{кон},$$

$$x_2' = a \cdot \sin\varphi_0 + d \cdot \cos\varphi_0,$$

$$y_2' = a \cdot \cos\varphi_0 - d \cdot \sin\varphi_0.$$

Координаты точек подвеса гидроцилиндра должны удовлетворять условиям:

$$l_{12} = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2},$$

Имея это в виду, запишем следующие явные функциональные зависимости:

$$\begin{cases} \sqrt{(a \cdot sin\varphi_{кон} + d \cdot cos\varphi_{кон} - f)^2 + (a \cdot cos\varphi_{кон} + d \cdot sin\varphi_{кон} + к)^2} = L_{min} \\ \sqrt{(a \cdot sin\varphi_0 + d \cdot cos\varphi_0 - f)^2 + (a \cdot cos\varphi_0 + d \cdot sin\varphi_0 + к)^2} = L_{max} \end{cases} \quad (1)$$

В конкретном случае, когда величины f и d известны, задача оказывается замкнутой – две неизвестные величины a и $к$ связаны двумя линейно независимыми уравнениями. Для решения системы уравнений (1) установим явную функциональную связь между искомыми параметрами a и $к$. Возводя левые и правые части равенств (1) в квадрат и вычитая из второго первое, получим:

$$a = \frac{(L_{max}^2 - L_{min}^2)/2 - f \cdot d(\cos\varphi_{кон} - \cos\varphi_0) - d(\sin\varphi_{кон} - \sin\varphi_0)к}{f(\sin\varphi_{кон} - \sin\varphi_0) - к(\cos\varphi_{кон} - \cos\varphi_0)}. \quad (2)$$

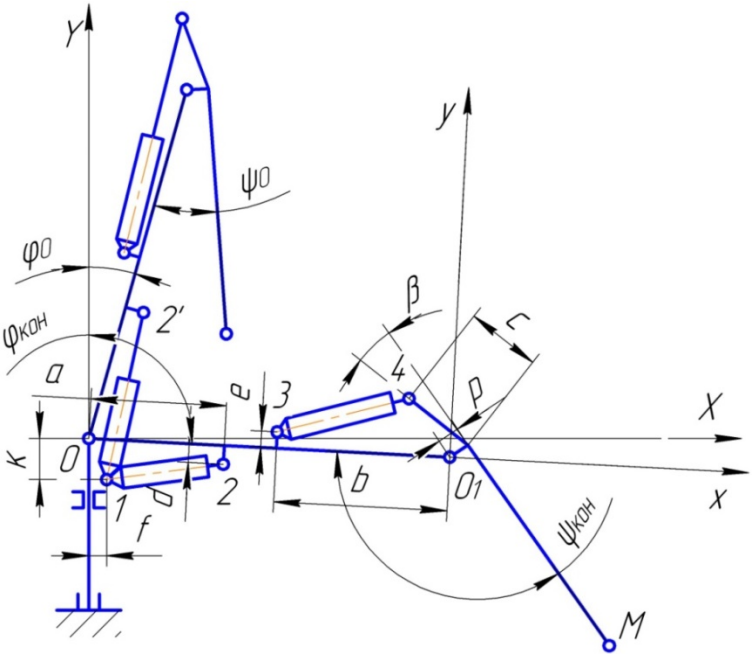


Рисунок 1 – Расчетная схема манипулятора для определения точек подвеса гидроцилиндров привода

При наличии связи (2) алгоритм поиска решения сводится к следующему: задавая ряд значений параметра κ, вычисляем по формуле (2) $a(\kappa)$, и, например, по второму уравнению (1) - $L_{max}(\kappa)$. То значение κ, при котором строго выполняется второе равенство (4.1), и определяет искомое решение.

До сих пор предполагалось, что гидроцилиндр характеризуется величинами L_{min} и L_{max}. Рассмотрим теперь более общую задачу. Пусть существует некоторый ряд гидроцилиндров, отличающихся ходом штока l и длиной L при полностью втянутом штоке, т.е. имеем совокупность

$$l_1, L_1; l_2, L_2; l_n, L_n. \qquad (3)$$

Среди совокупности гидроцилиндров (3) требуется выбрать такой, при котором обеспечивается максимальная грузоподъемность при полном вылете манипулятора. Поскольку максимальной грузоподъемности соответствует максимальное плечо усилия на штоке гидроцилиндра, то критериальную функцию запишем как [7]:

$$h_ц = \frac{|x_1 y_2 - y_1 x_2|}{\sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}},$$

$$h_ц = \frac{|f(a_i \cdot \cos\varphi_{кон} - d_i \cdot \sin\varphi_{кон}) + \kappa_i(a_i \cdot \sin\varphi_{кон} + d_i \cdot \cos\varphi_{кон})|}{L_i},$$

где a_i, κ_i – параметры подвески гидроцилиндра из ряда l_i, L_i, определяемые уравнениями (1). При этом стратегию пояска оптимального решения представил следующим образом:

$$h_{ц\,опт} = \max_{\substack{l_i, L_i \in Д \\ a_i, \kappa_i \in Г}} \frac{|f(a_i \cdot \cos\varphi_{кон} - d_i \cdot \sin\varphi_{кон}) + \kappa_i(a_i \cdot \sin\varphi_{кон} - d_i \cdot \cos\varphi_{кон})|}{L_i}, \quad (4)$$

$$\left\{\sqrt{(a \cdot \sin\varphi_{кон} + d \cdot \cos\varphi_{кон} - f)^2 + (a \cdot \cos\varphi_{кон} + d \cdot \sin\varphi_{кон} + \kappa)^2} = L_i\right.$$

Решение (4) описывает оптимальную компоновку гидроцилиндров управления стрелой, выбранных из ряда (3) по условию максимальной грузоподъемности. Аналогично решается задача выбора гидроцилиндров управления рукоятью.

Определим координаты точек 3, 4 в системе координат O_1xy (ось 0_1x направлена вдоль стрелы – рисунок 1):

$$x_3 = -b_i; y_3 = e_i,$$

$$\begin{aligned} x_4 &= c_i \cdot cos(\phi_{кон} + \beta) + p \cdot \sin\phi_{кон}; \quad & x_{4'} &= c_i \cdot cos(\phi_0 + \beta) + p \cdot \sin\phi_0; \\ y_4 &= c_i \cdot sin(\phi_{кон} + \beta) - p \cdot \cos\phi_{кон}; \quad & y_{4'} &= c_i \cdot sin(\phi_0 + \beta) - p \cdot \cos\phi_0 \end{aligned} \qquad (5)$$

где β - угол между рычагом и продольной осью рукояти. Стратегия поиска оптимального решения:

$$h_{ц\ опт} = \max_{\substack{l_i, L_i \in E \\ b_i, c_i \in G}} \frac{\left| -b_i(c_i \cdot \sin(\phi_0 + \beta) - p \cdot \cos\phi_0) - e(c_i \cdot \cos(\phi_0 + \beta) + p \cdot \sin\phi_0) \right|}{L_i}$$

$$\sqrt{(c_i \cdot \cos(\phi_{кон} + \beta) + p \cdot \sin\phi_{кон} + b_i)^2 + (c_i \cdot \sin(\phi_{кон} + \beta) - p \cdot \cos\phi_{кон} - e_i)^2} = L_i,$$

$$\sqrt{(c_i \cdot \cos(\phi_0 + \beta) + p \cdot \sin\phi_0 + b_i)^2 + (c_i \cdot \sin(\phi_0 + \beta) - p \cdot \cos\phi_0 - e_i)^2} = L_i + l_i.$$ [6, 7]

Для решения системы уравнений (6,7) установим явную функциональную связь между искомыми параметрами *b* и *c*. Возводя левые и правые части равенств (6, 7) в квадрат и вычитая из второго первое, получим выражение :

$$c = \frac{\left(\frac{L_{min}^2 - L_{max}^2}{2}\right) + pb(\sin(\phi_0) - \sin(\phi_{кон})) + pe(\cos(\phi_{кон}) - \cos(\phi_0))}{\begin{aligned} &2p\sin(\beta)(\cos^2(\phi_{кон}) - \cos^2(\phi_0)) + b\sin(\beta)(\sin(\phi_0) - \sin(\phi_{кон})) + \\ &+ e\cos(\beta)(\sin(\phi_0) - \sin(\phi_{кон})) + 2p\cos(\beta)(\sin(\phi_{кон})\cos(\phi_{кон}) - \\ &- \sin(\phi_0)\cos(\phi_0)) + e\sin(\beta)(\cos(\phi_0) - \cos(\phi_{кон})) + \\ &+ b\cos(\beta)(\cos(\phi_{кон}) - \cos(\phi_0)) \end{aligned}} \qquad (8)$$

По отраслевому стандарту ОСТ22-1417-89 выбираем гидроцилиндры.

Пример компоновки гидроцилиндра стрелы. Примем следующие исходные данные: L = 6м, l_c = 3,57м, l_p = 2,75м.

φ_0 = 18°, $\varphi_{кон}$ = 106°, f = 0,2м, d = 0,1м, a ≤ 1,2 м, к ≤ 0,36м.

При вычисленных значениях величин уравнение (2) принимает вид:

$$a = \frac{(1{,}1^2 - 0{,}7^2)/2 - 0{,}2 \cdot 0{,}1(\cos\varphi_{кон} - \cos\varphi_0) - 0{,}1(\sin\varphi_{кон} - \sin\varphi_0)к}{0{,}2(\sin\varphi_{кон} - \sin\varphi_0) - к(\cos\varphi_{кон} - \cos\varphi_0)},$$

Откуда, задаваясь параметром *к,* находим параметр *а* и обязательно проверяем условие $\underline{L_{min\ р} \approx L_{min\ гц}}$, для проверки соблюдения угла поворота рабочего органа (стрелы, рукояти) в соответствии с кинематической схемой манипулятора. Подбор гидроцилиндров осуществляется на основе многовариантных расчетов. Ниже, в таблицах с расчетными параметрами, интервал варьирования параметров *к* и *b* разбит на равные части. Таким образом, разбивая интервал варьирования параметра на равные шаги, производится начальное приближение для выбора гидроцилиндра. Далее в интервале варьирования находим такое значение, при котором $\underline{L_{min\ р} \approx L_{min\ гц.}}$

Построив зависимости *а(к), L_{min} (а, к)*находим *к* = 0,212м; *а* = 0,949м. Этим данным соответствует плечо усилия на штоке гидроцилиндра при максимальном вылете манипулятора $h_ц$ - 0,166 м.

Проводим расчеты для гидроцилиндров из ряда с минимальной длиной 0,660; 0,700 и 0,930м, максимальной длиной 1,020; 1,100 и 1,560м

Анализируя результаты расчетов, приходим к выводу, что чем длиннее гидроцилиндр, тем лучше его характеристики подвеса. Учитывая ограничения на параметры *а* и *к* проведем выбор гидроцилиндра. Последний вариант гидроцилиндра не удовлетворяет условию подвеса по параметру *а* и *к*. Второй вариант удовлетворяет

принятым ограничениям по *а* и по *к*, и показатели $h_ц$ у него лучше, чем в первом варианте, для которого также выполняются ограничения. Таким образом, более подходящим гидроцилиндром из рассматриваемого ряда является гидроцилиндр - L_{max} = 1,1м, L_{min} = 0,7м.

Пример компоновки гидроцилиндра рукояти.

Примем следующие исходные данные: L = 6м, l_c = 3,57м, l_p = 2,75м.

$\psi_0 = 18°$, $\psi_{кон} = 142°$, $\beta = 35°$, p = 0,3м, e = 0,25м, $0,8 \le b \le 1,4$ м, $c \le 0,6$м.

При заданных значениях величин уравнения (8) принимает вид:

$$c = \frac{(\frac{0,93^2 - 1,56^2}{2}) + 0,3b(\sin(\phi_0) - \sin(\phi_{кон})) + 0,3 \cdot 0,25(\cos(\phi_{кон}) - \cos(\phi_0))}{\begin{aligned} &2 \cdot 0,3\sin(\beta)(\cos^2(\phi_{кон}) - \cos^2(\phi_0)) + b\sin(\beta)(\sin(\phi_0) - \sin(\phi_{кон})) + \\ &+ 0,25\cos(\beta)(\sin(\phi_0) - \sin(\phi_{кон})) + 2 \cdot 0,3\cos(\beta)(\sin(\phi_{кон})\cos(\phi_{кон}) - \\ &- \sin(\phi_0)\cos(\phi_0)) + 0,25\sin(\beta)(\cos(\phi_0) - \cos(\phi_{кон})) + \\ &+ b\cos(\beta)(\cos(\phi_{кон}) - \cos(\phi_0)) \end{aligned}},$$

Откуда, задаваясь параметром *b,* находим параметр *c* и проверяем условие $\underline{\underline{L_{max\ р}}} \approx \underline{\underline{L_{max\ гц}}}$, для проверки соблюдения угла поворота рабочего органа (стрелы, рукояти) в соответствии с кинематической схемой манипулятора.

Рассчитываем зависимости $c = c(b)$ и $L_{max} = L_{max}(c, b)$ для гидроцилиндров из ряда с минимальной длиной 0,7; 0,660 и 0,930м, максимальной длиной 1,020; 1,1 и 1,560м,

Построив зависимости $c(b)$, $L_{min}(c, b)$находим c = 0,48м; b = 1,202м. Этим данным соответствует плечо усилия на штоке гидроцилиндра при максимальном вылете манипулятора $h_ц$ - 0,154 м.

Проводя расчеты для гидроцилиндров из ряда с минимальной длиной 0,660; 0,700 и 0,930м, максимальной длиной 1,020; 1,100 и 1,560м, получаем.

Таблица 5 – Параметры установки гидроцилиндра поворота рукояти

Длина гидроцилиндра, м	Параметры компоновки		
	$b_м$	$c_м$	$h_ц$
0,660…1,020	0,704	0,376	0,095
0,700…1,100	0,781	0,39	0,1
0,930…1,560	1,202	0,48	0,154

Анализируя результаты расчетов, приведенные в таблице 5, приходим к выводу. Учитывая ограничения на параметры *c* и *b,* проведем выбор гидроцилиндра. Последний вариант гидроцилиндра удовлетворяет условию подвеса по параметру *c* и *b* и имеет максимальное плечо $h_ц$. Первый и второй варианты не удовлетворяют принятым ограничениям по по *b*, и показатели $h_ц$ у них хуже, чем в последнем варианте, Таким образом, более подходящим гидроцилиндром из рассматриваемого ряда является гидроцилиндр - L_{max} = 1,56м, L_{min} = 0,93м.

УДК 614.8

А.Г. Буц
В.И. Бас

ПРОЕКТ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТИ АО ‹‹СУЭК-Красноярск›› филиал РАЗРЕЗ БОРОДИНСКИЙ

ФГБОУ ВО ‹‹Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М.Ф. Решетнева››
г.Красноярск

В статье представлен анализ возможных источников возникновения чрезвычайных ситуаций и предлагаются мероприятия по повышению устойчивости объекта экономики.

Проблема повышения устойчивости функционирования объекта в современных условиях приобретает все большее значение. Это связано с рядом причин, основные из которых:

- ослабление механизмом государственного регулирования и безопасности в производственной сфере;
- высокий прогрессирующий износ основных производственных фондов;
- несовершенство в Российской Федерации законодательной и нормативноправовой базы, обеспечивающей в новых экономических условиях устойчивое и безопасное функционирование промышленно опасных производств, стимулирующей мероприятия по снижению риска чрезвычайных ситуаций и смягчению их последствий, а также повышающей ответственность владельцев потенциально опасных объектов;
- снижение требовательности и эффективности работы органов государственного надзора и инспекций.

Одним из основных производственных участков АО ‹‹СУЭК-Красноярск›› разрез Бородинский является склад Взрывчатых материалов, который предназначен для приема и хранения взрывчатых материалов.

Взрывчатые материалы поступают на склад от предприятий-изготовителей **в** железнодорожных вагонах. При **разгрузке** взрывчатых веществ, доставке в хранилища и погрузке при от**правлении взрывчатых веществ на а место** работ автотранспортом используются автопогрузчики «Балканкар». **Укладка мешков на** поддоны осуществляется вручную.

Взрывчатые материалы на **складе** хранятся в четырех хранилищах.

Хранение взрывчатых веществ в хранилищах осуществляется на поддонах. На каждом поддоне размещается **30** мешков с взрывчатыми веществами общей массой 1200 кг (при массе мешка 40 кг) или 1260 кг (при массе мешка 42 кг). Поддоны в хранилище размещают плотно в рядах так, чтобы между ними и стенами хранилища было расстояние 0,2 м, а между рядами - не менее 1 м. Зазор между полом хранилища и нижним поддоном - 0,15 м, высота поддона с взрывчатыми веществами не более - 2,0 м. Все погрузочно-разгрузочные работы ведут вручную. В хранилище ящики с располагают на стеллажах высотой до 1,7 м. Расстояние от нижней полки стеллажа до пола 0.2 м, число полок в стеллаже 4, ширина прохода - 1,3. Выдача взрывчатых материалов потребителям производится непосредственно из хранилища в рабочие дни согласно наряд-накладным (путёвкам), оформленным в соответствии с «Инструкцией о порядке хранения, транспортирования, использования и учета взрывчатых материалов». Перевозка взрывчатых материалов со склада для производства взрывных

работ осуществляется в соответствия с «Правилами безопасности при перевозке опасных грузов автомобильным транспортом» специальным или специально оборудованным автотранспортом, по согласованным с ГИБДД маршрутам, в сопровождении лица, ответственного за перевозку.

Несмотря на соблюдение всех мер безопасности на складе Взрывчатых материалов, возможно возникновение аварийных ситуаций, связанных со следующими факторами:

- пожар;
- воздействие грозы:
- взрыв взрывчатых материалов**;**
- хищение взрывчатых материалов**;**
- диверсия.

Пожар может быть вызван:

- прямым ударом молнии при неисправной системе молниезашиты;
- несанкционированным применением открытого огня при ремонтных, работах на объектах, использовании факела для подсветки, сжигании тары на территории склада, курением;
- заносом огня с прилегающей территории к складу, запретной зоне при напольном или верховом пожаре;
-хулиганством подростков при применении вблизи территории пиротехнических изделий;
- неисправностью спецавтомобиля или его системы искрогашения при движении по территории объектов или запретной зоны;
-авариями электротехнических устройств (падение опор осветительной сети и замы***кание проводов,*** перехлест проводов при сильном ветре, применение неисправных электроприборов).

В результате пожара возможны повреждения дверей хранилищ, проникновении огня внутрь хранилища и как следствие возгорание взрывчатых материалов и их взрыв.

Взрыв хранимых на складе взрывчатых материалов может быть вызван:

- *пожаром (когда* горение больших количеств взрывчатых веществ может перейти в детонацию;
- наездом автотранспорта на взрывчатые материалы;
-прострелом взрывчатых материалов пулей при небрежном обращении лиц охраны с оружием или *пресечении проникновения* посторонних на территорию склада;
- нарушением правил обращения с взрывчатыми материалами*;*
- падением конструкций хранилищ на взрывчатые материалы при подтоплении, пожаре или землетрясении.

Возгорание транспортного средства на территории склада может выть вызвано:

- прямым ударом молнии в автомобиль;
- несанкционированным применением открытого огня при ремонтных работах на автомобиле, использовании факела для подсветки, сжигании тары на территории склада, курением;
- неисправностью спецавтомобиля или его системы искрогашения при движении по территории склада или запретной зоны.

В результате грозы возможны следующие случаи возникновения аварий и чрезвычайных ситуаций:

- прямой удар молнии в хранилище взрывчатых материалов или автомобиль, перевозящий взрывчатые материалы;
- электростатическая индукция;
- электромагнитная индукция;

- шаговое напряжение;

-занос высоких потенциалов. Все это может привести к возникновению пожара и взрыву.

В результате хищения и диверсии возможны следующие случаи возникновения аварий и чрезвычайных ситуаций:

- *применение открытого огня для* освещения при хищении может привести к возгоранию взрывчатых материалов*; в свою очередь горение* больших количеств взрывчатых веществ может перейти в детонацию;

- небрежное обращение с взрывчатыми материалами (особенно со средствами взрывания) при хищении **мо**жет привести к детонации их;

- в результате отражения нападения на склад прострел взрывчатых материалов может привести к взрыву взрывчатых материалов;

- применение диверсантами специальных средств инициирования может привести к взрыву перевозимых по территории склада или хранящихся на складе взрывчатых материалов.

Наиболее вероятными сценариями возможных аварий на декларируемом объекте мо*гут быть:*

- пожар за территорией склада или на его территории при нарушении правил пожарной *зашиты может привести к* возгоранию взрывчатых материалов; в свою очередь горение больших количеств *взрывчатых веществ может* перейти в их детонацию:

- *удар молнии в хранимые* взрывчатые материалы при неисправных средствах молниезашиты может привести *к детонации* взрывчатых материалов;

- *возгорание* автомобиля, перевозящего взрывчатые материалы, может привести к взрыву взрывчатых материалов на нем; в свою очередь взрыв взрывчатых материалов на автомобиле может привести к взрыву взрывчатых материалов находящихся в хранилищах. Пожар с последующим взрывом приведет к большим потерям производственного персонала и значительному ущербу производственно-хозяйственной деятельности предприятия.

С целью обеспечения безопасности производственно-хозяйственной деятельности предприятия предлагается комплекс мероприятий, направленных на повышение устойчивости рассмотренного объекта:

- регулярные проверки состояния учета и правильного хранения взрывчатых материалов;

- проведение занятий с персоналом по безопасному хранению взрывчатых материалов;

- ознакомление персонала склада с "Планом ликвидации аварий";

- соблюдение правил противопожарной безопасности;

- необходимо оборудовать склад с системой и средствами пожаротушения.

Библиографический список:

1. Федеральный закон "О промышленной безопасности опасных производственных объектов", №116- ФЗ от 21.07.1997г.

2. "Правила экспертизы декларации промышленной безопасности" (утверждены постановлением Госгортехнадзора России 07.09.99 №65, шифр ПБ 03-314-99)

3. ‹‹Правила перевозки опасных грузов автомобильным транспортом››, утвержденные приказом министра транспорта РФ от 08.08.1995 г. №73

4. Российская Федерация. Законы. О промышленной безопасности опасных производственных объектов [Текст]: федер. закон: [принят Гос. думой 21июля 1997 г. "116-ФЗ]
5. Постановление №675 от 1июля 1995 г. ‹‹О декларации безопасности промышленного объекта Российской Федерации›› [Текст].

УДК 630*37

А.Н. Баранов
А.Е. Киселёв
М.П. Буршина

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛЕСОВОЗНОЙ ДОРОГИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДРЕНИРУЮЩЕГО МАТЕРИАЛА И ДРЕВЕСНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный аэрокосмический университет \ имени М.Ф. Решетнёва»
г. Красноярск

Обоснован способ строительства технологической лесовозной дороги с использованием дренирующего материала и вертикальных древесных элементов, которые позволили повысить прочность дорожной конструкции за счёт перераспределение нагрузки на внутренние и внешние откосы дна земполотна. Прочность возросла на 30% при незначительном увеличении дренирующего материала и сократился расход древесных элементов.

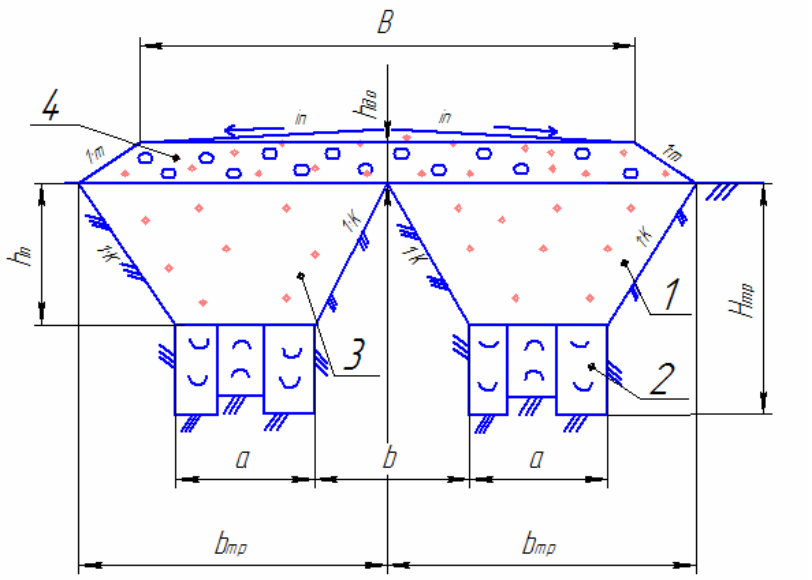
Из-за дефицита финансовых средств в лесозаготовительной отрасли строительство лесовозных дорог ограничено, поэтому для нормальной организации транспорта леса необходимы более новые технологи в дорожном строительстве, позволяющие экономно и качественно обеспечить транспортный процесс предприятия, которые являются весьма актуальными. В связи с этим на кафедре промышленного транспорта и строительства был разработан и запатентован способ строительства технологической лесовозной дороги с использованием вертикальных древесных элементов, однако расход древесных материалов достаточно высок и прочность предложенной конструкции и надёжность не обеспеченна, т.к нагрузка от колёс подвижного состава у этой конструкции распределяется по ширине укреплённых колесопроводов.

Целью работы является обоснование эффективности способа строительства технологической лесовозной дороги с использованием дренирующего материала и вертикальных древесных элементов.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить ряд задач:

1. Обосновать конструкцию технологической лесовозной дороги;
2. Рассчитать объёмы потребного количества материалов для строительства и необходимых работ;
3. Рассчитать стоимость строительства участка технологической лесовозной дороги.

На рисунке представлен поперечный профиль лесовозной автомобильной дороги с использованием дренирующего материала и вертикальных древесных элементов, которыми являются порубочные остатки с лесосеки. Позиции на рисунке представлены следующим образом:



1 – траншея; 2 – вертикальные деревянные элементы; 3 – песок; 4 – гравийная дорожная одежда; m – коэффициент крутизны откоса дорожной одежды; к – коэффициент крутизны откоса траншеи; $i_п$ - поперечный уклон дорожной одежды; а – ширина траншеи по дну; b – расстояние между траншеями по дну; В – ширина проезжей части; bтр – ширина траншеи поверху; Нтр – глубина траншеи; hп – глубина засыпки песка.

Рисунок 1 – Поперечный профиль технологической лесовозной дороги

Способ строительства заключается в следующем: экскаватором выкапывают две траншеи длиной, равной длине участка технологической лесовозной дороги, глубиной 0,8 метра, затем с помощью проходов бульдозера с отвалом формируют боковые откосы траншей, расстояние между траншеями по дну равно 1,0 метр. Низкокачественную древесину и порубочные остатки лесозаготовок сокращают по длине наполовину, благодаря появившимся откосам, а затем плотно укладывают в траншеи вертикально в расклинку, после чего траншеи засыпают песком, а основанием является гравий, который засыпается поверх песка. Пространство между траншеями и откосы отсыпаются хорошо дренирующим материалом – песком. Закладка деревянных элементов в траншеи позволяет понизить уровень грунтовых вод (канавы выполняют роль дренажа), что, в свою очередь, повышает устойчивость дороги и несущую способность грунта.

Предложенная технология строительства лесовозной дороги позволит увеличить время вывозки древесины, обеспечит ритмичность её поставки, а это позволит отвлекать на транспортный процесс меньшее количество ресурсов. Предлагаемая конструкция дороги позволит использовать доступный дренирующий материал (песок) и уменьшить нагрузку от подвижного состава, которая, в свою очередь, будет распределяться на внутренние откосы траншей и на их дно, что позволяет снизить давление на деревянные элементы, и позволит уменьшить их высоту, тем самым уменьшая и расход деревянных элементов, которые будут укладываться вертикально в траншеи и засыпаться песком, а также предлагаемая конструкция дороги позволит улучшить её водно-тепловой режим за счёт понижения уровня грунтовых вод, используемая древесина в сооружении без доступа воздуха и при плавном колебании температуры и влажности будет менее подвержена гниению, что скажется на

удлинение срока службы самой дороги, а на этапе строительства утилизировать остатки лесозаготовительной деятельности. После проведения лесозаготовительных работ данная дорога может быть использована для проведения лесохозяйственных, лесовосстановительных работ, противопожарных и рекреационных мероприятий.

Библиографический список:

1. СНИП 2.05.02-85, Автомобильные дороги. Госстрой СССР-М.; ЦИТМ Госстрой СССР. 1886 – 56 с.
2. СНИП 2.05.07 – 85, Промышленный транспорт. СССР. – М.; ЦИТМ Госстрой СССР. 1986 – 68 с.
3. Транспорт леса: [учеб. для вузов]: в 2 т. – (Высшее профессиональное образование. Лесное хозяйство). Т.1: Сухопутный транспорт / [Э.О. Салминен [и др.]]; под ред. Э.О. Салминена, 2009. – 368 с.
4. Гаврелец Г.М., Баранов А.Н., Козинов Г.Л., и др., Сухопутный транспорт леса. Организация строительства Автомобильных лесовозных дорог: Учебное пособие для студентов специальности 26.01[текст]- Красноярск: СибГТУ, 2001-68 с.

УДК 630*37

А.Н. Баранов
М.П. Буршина
А.Е. Киселёв

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СПОСОБА СТРОИТЕЛЬСТВА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛЕСОВОЗНОЙ ДОРОГИ С ДРЕНИРУЮЩИМ МАТЕРИАЛОМ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный аэрокосмический университет \ имени М.Ф. Решетнёва»
г. Красноярск

Обоснован способ строительства технологической лесовозной дороги с дренирующим материалам, который позволил повысить прочность дорожной конструкции за счёт перераспределение нагрузки на внутренние и внешние откосы дна земполотна. Прочность возросла на 20% при незначительном увеличении дренирующего материала.

Дефицит финансовых средств на строительства лесовозных дорог ограничен, поэтому для нормальной организации транспорта леса необходимы новые технологи в дорожном строительстве, позволяющие экономно и качественно обеспечить транспортный процесс, являются весьма актуальными. Для этого на кафедре промышленного транспорта и строительства был разработан и запатентован способ строительства технологической лесовозной дороги с использованием низкокачественной древесины и дренирующего материала, однако прочность предложенной конструкции и надежность не обеспеченна, т.к нагрузка от колес подвижного состава у этой конструкции распределяется по ширине укрепленных колесопроводов. Нами предлагается новая конструкция дороги, которая представлена на рис 1.

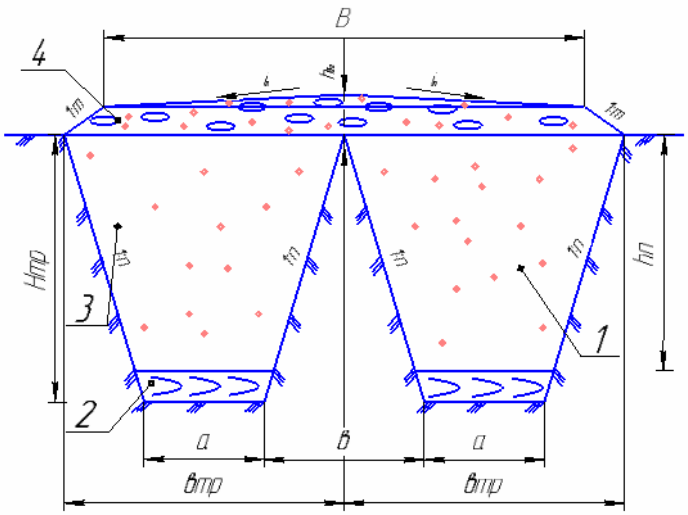


Рис.1-Поперечный профиль технологической лесовозной дороги с использование горизонтальны деревянных элементов

1-траншеи,2-горизонатльные деревянные элементы,3-песок,4-гравийная дорожная одежда,m-коэффициент крутизны откоса дорожной одежды,n-коэффициент крутизны откоса траншеи,$i_п$-поперечный уклон дорожной одежды,B-ширина проезжей части, $B_{тр}$-ширина траншеи поверху,b-расстояние между траншеями по дну,$H_{тр}$-глубина траншеи, $h_п$-глубина засыпаемого песка.

Совершенствование способа строительства заключается в изменение положения боковых стенок из вертикального в наклонные положение, это позволило перераспределить от колес подвижного состава на наклонные внутренней и внешнее откоса дна земполотна. Расход дренирующего материала увеличен на 20%,при этом прочностные показатели возросли. Но учитывая, что стоимость доставки и укладки дренирующего материала, по сравнению с возросшей прочностью и получаемым эксплуатационным эффектом минимальны.

Целью работы является обоснование эффективности строительства технологической лесовозной дороги по новому способу.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Обосновать конструкцию дороги;
2. Рассчитать объемы потребного количества материалов и работ;
3. Рассчитать стоимость строительства участка технологической лесовозной дороги.

Для строительства данного участка дороги протяженностью в 1 км вырываются две траншеи с наклонными внешними внутренними откосами на всю длину исследуемого участка лесовозной дороги. В траншеи горизонтально перпендикулярно продольной оси дороги укладываются древесные элементы из низкокачественной древесины. Пространство между внешними и внутренними откосами отсыпают хорошо дренирующим материалом. Поверху траншей сооружается гравийная дорожная одежда. Засыпка хорошо дренируемым материалом предварительно уплотняются с созданием общего для двух траншей основания и последующего сооружения гравийной дорожной одежды.

Такой способ строительства дороги позволит уменьшить давления на основание траншеи, понизить уровень грунтовых вод, что в свою очередь повышает несущую способность грунта и устойчивость дороги, а также на подъёмах и спусках интенсивность отведения воды к искусственным сооружениям за счёт уклона.

Предложенная конструкция технологической лесовозной дороги позволит повысить эффективность работы при её эксплуатации за счёт повышения прочности и надёжности, и улучшить её водно-тепловой режим, а на этапе строительства утилизировать остатки лесозаготовительной деятельности и использовать дорогу для проведения лесохозяйственных, лесовосстановительных работ, проведение противопожарных и рекреационных мероприятий.

Библиографический список:

1. СНИП 2.05.02-85 Автомобильные дороги. Госстрой СССР-М.; ЦИТМ Госстрой СССР. 1886 -56 с.
2. СНИП 2.05.07 – 85, Промышленный транспорт. СССР. – М.; ЦИТП Госстрой СССР. 1986 – 68с.
3. Транспорт леса: [учеб. для вузов]: в 2 т. - (Высшее профессиональное образование. Лесное хозяйство). Т. 1 : Сухопутный транспорт / [Э.О. Салминен [и др.] ; под ред. Э. О. Салминена, 2009. - 368 с.
4. В.Е. Распопин, Е.А. Воронина. Менеджмент и маркетинг. Часть 1. Организация производства на предприятии лесной промышленности: учебное пособие по курсовому проектированию для студентов специальности 26100 Лесоинженерное дело всех форм обучения.- Красноярск: СибГТУ, 2006.-78 с.
5. Гаврелец Г.М., Баранов А.Н., Козинов Г.Л., и др., Сухопутный транспорт леса. Организация строительства Автомобильных лесовозных дорог: Учебное пособие для студентов специальности 26.01[текст]- Красноярск: СибГТУ, 2001-68 с.

УДК 621.926.32

Р. В. Самусев

УСТАНОВКА ДЛЯ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ПЛОДОВ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный аэрокосмический университет имени М.Ф. Решетнёва»
г. Красноярск

В данной статье предлагается конструкция измельчителя для любых плодов. Конструкция относится к области переработки сельскохозяйственной продукции для получения мякоти,сока и сырья для сухофруктов. Конструкция позволит увеличить количество отделяемого сока и снизить содержание в нем мякоти, а так же получать сырье для дальнейшего получения сухофруктов.

Измельчитель выполнен в виде установленного на горизонтальном приводном валу диска. Диск имеет радиальные окна. За радиальными окнами установлены с возможностью регулируемого выдвижения над плоскостью диска сменные ножи. Ножи изготовлены из нержавеющей стали, они установлены под углом l-25..45° к плоскости диска. Для изменения величины измельчаемых частиц нож имеет регулировку величины его выдвижения,таким образом, мы можем получать и сухофрукты, и сок[1].

Мощность асинхронного двигателя должна быть в диапазоне 0.5-1 кв. Асинхронные двигатели считаются самыми надежными и неприхотливыми.

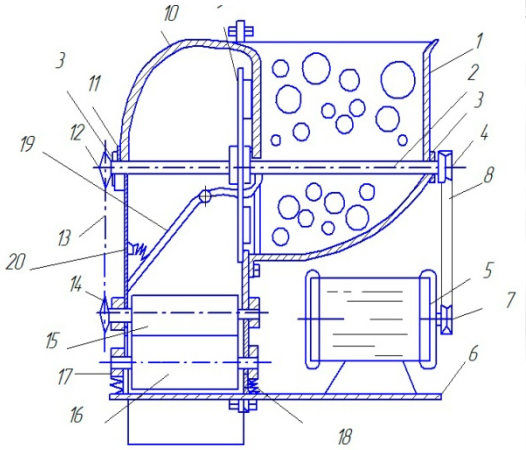


Рисунок 1 - Поперечно-вертикальный разрез

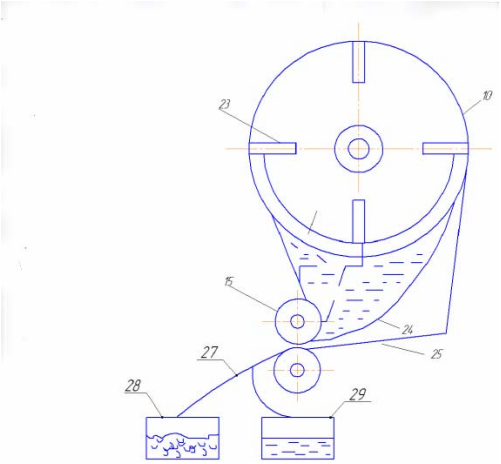


Рисунок 2 - Продольный разрез бункера

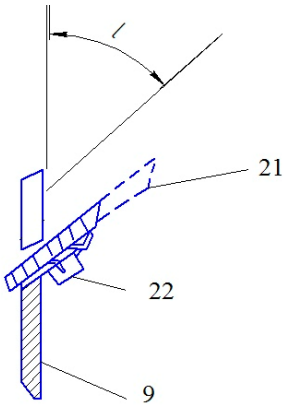


Рисунок 3 - Положение выдвижного ножа в ножевом диске

Измельчительплодов -включает бункер для приема плодов 1, измельчающее устройство, противорежущую пластину, вальцы, скатную доску, лотки, емкости для раздельного сбора мякоти и сока, приводной вал 2, установленный в подшипниках 3 и имеющий приводной шкив 4. Под бункером 1 размещен электродвигатель 5, установленный на опорной плите 6. Шкив 7 электродвигателя 5 и шкив 4 соединены клиноременной передачей 8. На приводном валу 2 закреплен ножевой диск 9, закрытый кожухом 10. На стенке кожуха 10 установлен опорный подшипник 3 приводного вала 2 посредством плиты 11. На конце вала 2 предусмотрена звездочка 12 цепной передачи 13, кинематически связывающая звездочку 14 привода вальца 15. Нижний валец 16 установлен на подвижных опорах 17, имеющих пружины сжатия 18.

Над вальцом 15 предусмотрен отбойный козырек 19, опирающийся на пружину сжатия 20. На ножевом диске 9 закреплены под углом α, равным 30...45° к плоскости диска, ножи 21, сопрягаемые с отверстием в ножевом диске 9. Входная фаска отверстия параллельна плоскости ножа 21. Ножи 21 выполнены съемными, регулируемыми и крепятся к диску винтами 22. На кожухе 10 предусмотрена противорежущая пластина 23. За ножевым диском 9 под кожухом 10 предусмотрена сетчатая скатная направляющая 24. Под направляющей 24 установлена скатная доска 25. Под нижним вальцом 16 смонтирован лоток 26 для сбора и транспортирования сока. Под верхним вальцом 15 установлен лоток 27 для отвода и транспортирования мякоти.

Для сбора мякоти предусмотрена емкость 28, а сока - емкость 29. Измельчитель плодов - снабжен размещенным над вальцами 15 и 16 подпружиненным отбойным козырьком 19. Измельчающее устройство выполнено в виде установленного на приводном валу 2 и закрытого кожухом 10 ножевого диска 9, ножи 21 установлены с возможностью регулирования величины их выдвижения. Ножи 21 закреплены в отверстиях диска 9 под углом 30-45° к его плоскости при помощи винтов 22. Входная фаска отверстия диска 9 параллельна плоскости ножа 21. За ножевым диском 9 перед скатной доской 25 установлена сетчатая направляющая 24.

Измельчитель плодов - работает следующим образом. Перед началом работы проверяют техническое состояние ножей 21 и ножевого диска 9. Затем производится их регулировка таким образом, чтобы их лезвия находились в одной вертикальной плоскости, а концы ножей 21 располагались на одинаковом радиусе вращения[2].

В зависимости от физико-механических свойств перерабатываемых плодов регулируется величина выдвижения ножа 21 над плоскостью диска 9 с помощью винтов 22. Проверяется исходная плотность прижатия вальцов 15 и 16. Устанавливают исходное натяжение клиновидного ремня 8 и провисание цепи 13. Затем включают привод электродвигателя 5. Вымытые плоды загружают в бункер1. По вертикальной передней и криволинейной нижней стенкам бункера плоды направляются к ножевому диску 9. Ножи 21 диска 9 отрезают частицы от плодов и через отверстия в диске 9 отбрасывают их к отбойному козырьку 19. При ударе частиц о козырек начинается отделение сока от мякоти.

В то же время удары измельченных частиц о козырек 19 вызывают его вибрацию и обеспечивают самоочищение козырька 19. Сок, отделенный при измельчении и при ударе об отбойный козырек 19, стекает через отверстия сетчатой скатной направляющей 24 на скатную доску 25, а затем по лотку 26 - в емкость 29.

Мякоть с помощью сетчатой скатной направляющей 24 подается в зазор между вальцами 15 и 16, где происходит сжатие мякоти и отделение сока от нее. Мякоть по лотку 27 поступает в емкость 28, а сок по лотку 26 - в емкость 29.

Таким образом, в результате проведенного исследования было установлено, что разработка приводит к повышению эксплуатационной надежности и качества измельчения, а также к снижению мощности на привод. Техническим результатом разработки является увеличение количества отделяемого сока и снижение содержания мякоти в нем.Применение разработанной конструкции соковыжималки обеспечивает отделение сока от мякоти до 97%.

Библиографический список:

1. Момот, В.В. Механизация процессов переработки и хранения овощей и плодов / В.В.Момот, В. В.Балабанов. – М.: Агропромиздат, 1988.- 32с.
2. Орлов, Н.П. Производство, хранение и реализация солёно-квашеных овощей и плодов / Н.П.Орлов. – Киев: Урожай, 1989.- 49с.
3. Широков, Е.П. Хранение и переработка плодов и овощей / Е.П. Широков,В.И.Полегаев. – М.: Агропромиздат, 1989.- 27с.

УДК 631.3.001

С.Д. Вайнбергер
А.Д Вайнбергер
В.Н Коршун

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ИМПУЛЬСНЫХ РАБОЧИХ ПРОЦЕССОВ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный аэрокосмический университет имени М.Ф. Решетнёва»
г. Красноярск

В статье приводится методика и основные результаты исследований высокоскоростных рабочих процессов взаимодействия рабочих органов с предметом труда. Дается описание аппаратуры и программных средств для обработки измерений.

Введение. К параметрам рабочих процессов относятся силы и скорости взаимодействия рабочих органов машин с предметом труда. Для измельчителей скорости взаимодействия могут составлять значения от 50 до 70 м·с$^{-1}$, а время отдельных единичных импульсов – доли секунды. Расчет нагрузок по усредненным или удельным показателям часто приводит к ошибкам при конструировании. Определение параметров таких процессов является сложной технической задачей.

Методика и аппаратура. При определении параметров движения рабочего органа перемещения и скорости являются относительными и зависят от выбранной системы отсчета. Ускорение является абсолютным параметром движения объекта. Для измерения ударных ускорений используются инерционные датчики движения.

Для исследования импульсных сил на кафедре ТМП была разработана лабораторная установка (рис. 1), включающая жесткую балку 1 с регулируемыми упорами 2, на которой посредством стойки 3 установлена упругая балка 4. При помощи вертикального штатива 5, с фиксатором 6 и индикатором часового типа 7 контролируются вертикальные перемещения. Ускорения испытуемых ножей 8 определяются пьезометрическим вибродатчиком (KD-39), не требующего источника питания

С датчика электрический сигнал поступает на аналого-цифровой преобразователь (LT-154), установленный на шине компьютера. При исследованиях упругой балке 4 придается изогнутое положение, фиксируемое упорами 10, а исследуемый образец перерубаемого материала 11 закрепляется на державке. При изгибе балки ей сообщается определенное количество энергии упругой деформации. Эту энергию легко рассчитать. Таким образом, опыты являются воспроизводимыми и их результаты можно сравнивать.

Исследовались следующие образцы: ветви сосны обыкновенной и сибирской диаметром от 3 до 10 мм; мерзлые ветви сосны обыкновенной и сибирской диаметром от 3 до 10 мм; хвоя сосны обыкновенной и сибирской; мерзлая хвоя сосны обыкновенной и сибирской; корни деревьев диаметром от 3 до 10 мм; опавшие листья тополя и березы; стебли травянистых растений. Образец перерубался нормально продольной оси. Варьировалась также влажность образцов. Испытаниям подвергались следующие элементы рабочих органов: ножи прямые и со скошенной передней гранью; ножи с прямыми и криволинейными лезвиями; клинообразные ножи; волнистые ножи; ножи пилообразные; тупые ножи. Масса ножей варьировалась установкой дополнительных магнитных грузов. Режимы исследований были приближены к

реальным скоростям взаимодействия рабочих органов с предметом труда (25 – 50 м·с$^{-1}$). Необходимая скорость движения ножей устанавливалась заданием начального прогиба балки посредством упоров 10, а также установкой балок с варьируемым коэффициентом жесткости. Скорость взаимодействия рассчитывалась на основе начальных условий и времени от момента открытия упоров 10 и началом процесса перерубания (фиксировалось на основе осциллограмм).

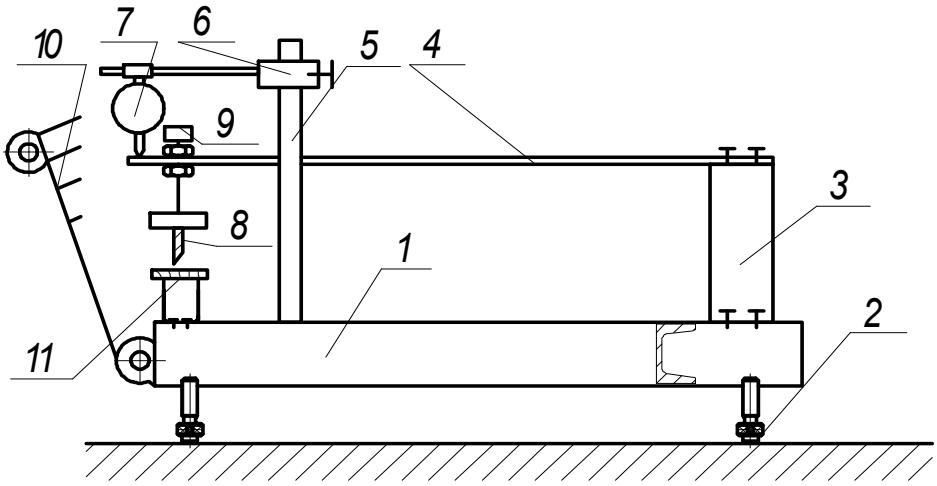


Рисунок 1– Схема лабораторной установки (обозначения в тексте)

Информация (ускорения) с датчика 9, в аналоговой форме поступает на аналогово-цифровой преобразователь (АЦП) ЭВМ. Управление АЦП и обработка сигналов выполняется в программном средстве PowerGraf. Данные о протекании импульсного процесса сохраняются в текстовом формате и транслируются в программы обработки информации.

Основные результаты. Результаты представляются в виде графиков процессов зависимостей ускорений от времени. Время процесса задается компьютером при записи. Параметры процессов перемещений и скоростей устанавливаются численным интегрированием при заданных начальных условиях. Начальные значения перемещений задаются упорами 11, при этом время и скорость принимается равными нулю. Величина сил определяется по второму закону Ньютона. Для установления затрат энергии на процесс измельчения необходимо определить величины силы и скорости в один момент времени.

На рисунок 2 показан фрагмент осциллограммы процесса перерубания ветви сосны обыкновенной диаметром 5 мм (документ PowerGraf). Из графика следует, что время процесса перерубания составляет 2,5 мс. За это время ускорение практически мгновенно возросло от нуля до 10 м·с$^{-2}$. Затем после соприкосновения с исследуемым образцом ускорение ножа поменяло знак, а амплитуда возросла в два раза. Процесс перерубания носит периодический характер с высокой частотой. Из графика можно выделить несколько гармоник. После окончания процесса взаимодействия с материалом нож совершает затухающие колебания с частотой, определяемой параметрами упругой балки.

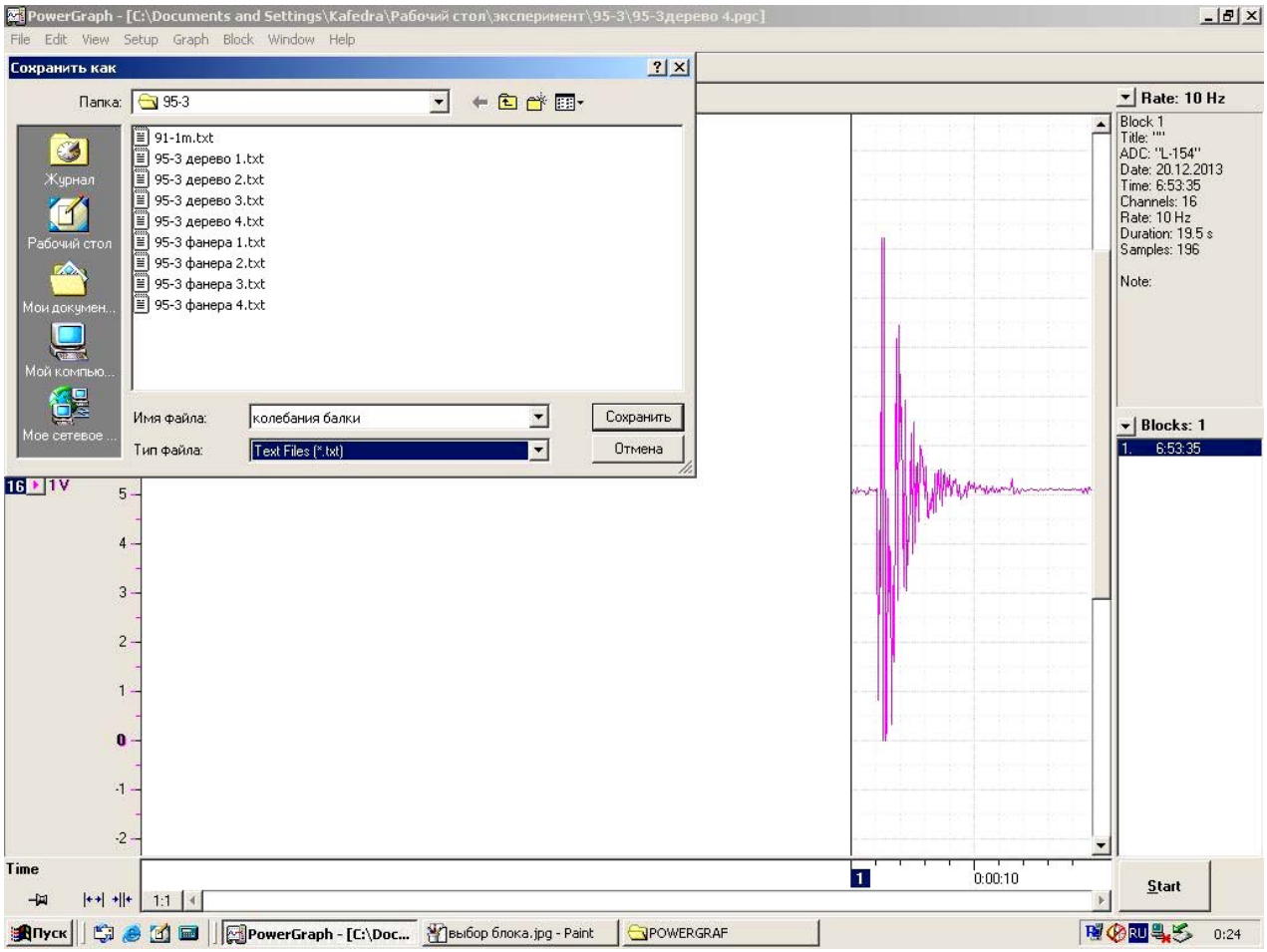


Рисунок 2 – Типичный график процесса взаимодействия ножа с образцом (видно, что график имеет форму затухающих колебаний)

По графику определяются временные параметры процесса, величина ускорений, а на основе спектрального анализа устанавливаются параметры процессов импульсных сил. Строятся фазо-частотные характеристики.

УДК 674.047

Д.А. Кравченко
Т.А. Назарова
Ю.А. Корчук
А.А. Орлов

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ СОРБЦИОННЫХ СВОЙСТВ ТЕРМОМОДИФИЦИРОВАННОЙ ДРЕВЕСИНЫ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный аэрокосмический университет имени М.Ф. Решетнёва»
г. Красноярск

В работе приведены результаты исследований изменения водопоглощения и влагопоглощения термомодифицированной древесины березы, осины и сосны в зависимости от режима тепловой обработки.

Древесина, наравне с камнем и глиной, была одним из первых строительных материалов в человеческой истории. И по сей день человек стремиться окружить себя экологически чистыми и эстетическими изделиями из древесины. Но в последнее время натуральные материалы всё чаще заменяется искусственными. Отчасти это связано с тем, что под воздействием влаги и колебаний температуры изделия из древесины меняют окраску и деформируются, а также могут быть подвержены грибным поражениям. Поэтому в отличие от пластика и керамики древесина требует постоянного внимания и должной обработки. Но химически обработанная древесина может отрицательно влиять на здоровье человека.

Одним из сравнительно новых способов повышения декоративных и эксплуатационных свойств древесины без использования химических добавок – является метод термообработки. Полученный материал называют по-разному, например запатентованным в Финляндии названием «Термодревесина» (Thermowood®) или как в других странах термомодифицированная древесина (ТМД), т.е. это древесина, обработанная при высоких температурах в среде защитного газа (водяной пар и т.п.).

По данным производителей термически обработанную древесину от обычной отличают ряд положительных свойств: меньшая проницаемость для воды; лучшая стабильность геометрических размеров изделий; устойчивость к воздействию внешней среды и биоповреждениям; ровное, на всю глубину, изменение текстурного цвета древесины (в разные оттенки коричневого в зависимости от температуры).

Основная масса ТМД производится в Финляндии, но начал развиваться рынок такого материала и в России. Основные потребители – это компании, занимающиеся деревянным домостроением и отделкой внутренних помещений, где термодревесина по внешнему виду может заменять ценные тропические и лиственные породы.

В нашей стране большой объем исследовательских работ в области технологий и оборудования термической модификации древесины проведены под руководством профессора Сафина Р.Р. и др. [1-5].

Однако ТМД является относительно новым материалом для российского рынка и, как следствие, не вполне изученным. Особенно это относится к древесным породам Сибирского региона, имеющим специфику клеточного строения и технологий тепловой обработки.

Поэтому целью наших исследований является получение моделей прогнозирования изменения эксплуатационных свойств ТМД лиственных и хвойных пород Сибири в зависимости от режима термообработки. В качестве основных пород для экспериментов нами были выбраны промышленно значимые, такие как береза, осина, сосна и лиственница.

Термомодификацию проводили в лаборатории сушки древесины кафедры теплотехники СибГАУ. Процесс состоял из трех стадий: конвективное нагревание, термообработка, охлаждение - кондиционирование. В качестве защитного газа использовался водяной пар. Термообработке подвергались пиломатериалы прошедшие конвективную сушку мягкими режимами до конечной влажности 10 - 12 %.

Известно, что общим элементом всех технологий термической модификации является нагрев древесины в интервале температур 150 - 230 °С. Пробными опытами нами определены уровни температур режима обработки 160, 180 и 200 °С и продолжительность выдержки 6, 8 и 10 ч для каждой температуры соответственно. Выдержка при температурах 210-230 °С в течение 10 ч приводила к частичному обугливанию образцов, поэтому был принят верхний уровень температуры в камере 200 °С.

После получения ТМД проводились исследования на водопоглощение и влагопоглощение согласно ГОСТ 16483.20-72 и ГОСТ 16483.19-72, а также механические испытания. Ниже приведены результаты первых опытов.

На рисунках 1 и 2 представлена динамика водопоглощения образцов ТМД (в дистиллированной воде в течение 552 ч) полученных при температурах 160 и 200 °С соответственно. Наблюдается различие в динамике водопоглощения образцов. С увеличением температуры в процессе термомодификации скорость водопоглощения образцов ТМД в первые двое суток снижается. Однако при дальнейшем вымачивании образцы ТМД обработанные при 200 °С имеют большее водопоглощение, чем образцы обработанные при температуре 160 °С. Наибольшая разница (26 %) в водопоглощение заметна у сосновых образцов.

На рисунках 3 и 4 представлены результаты изменения гигроскопических свойств ТМД при выдержке над насыщенным раствором соды в эксикаторе. В ходе опыта проводился непрерывный контроль за температурой в лаборатории с помощью психрометра Асмана. Колебания температуры составили 20±1 °С.

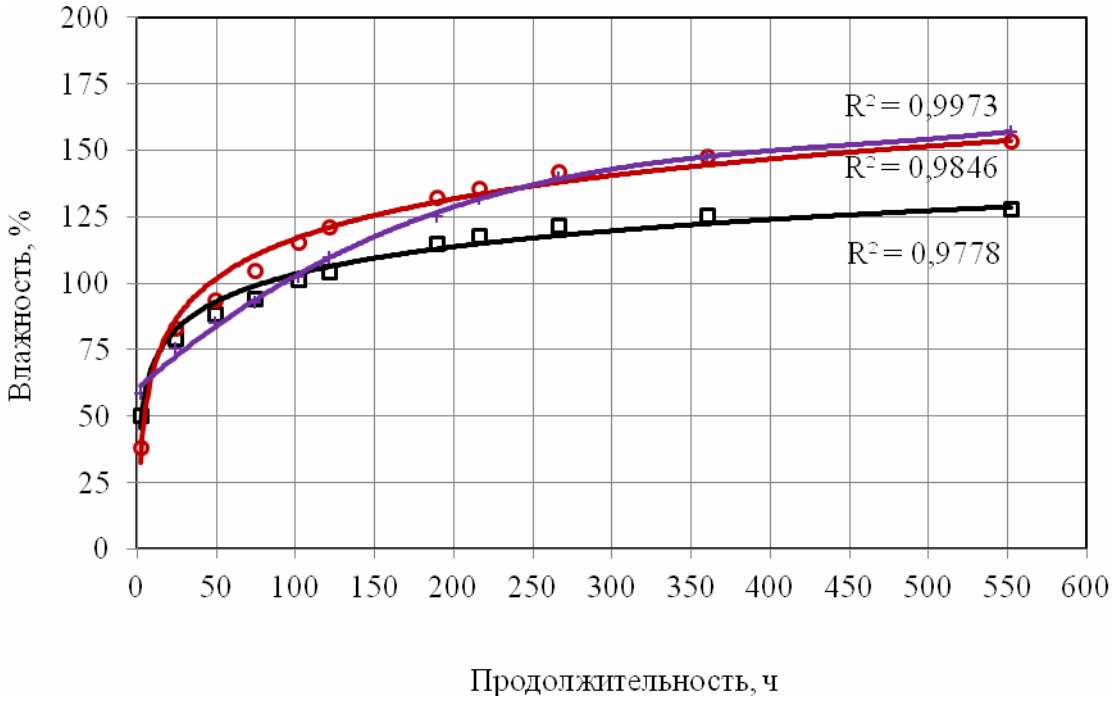


Рисунок 1 – Динамика водопоглощения ТМД после режима тепловой обработки при t=160 °С и τ = 6 ч

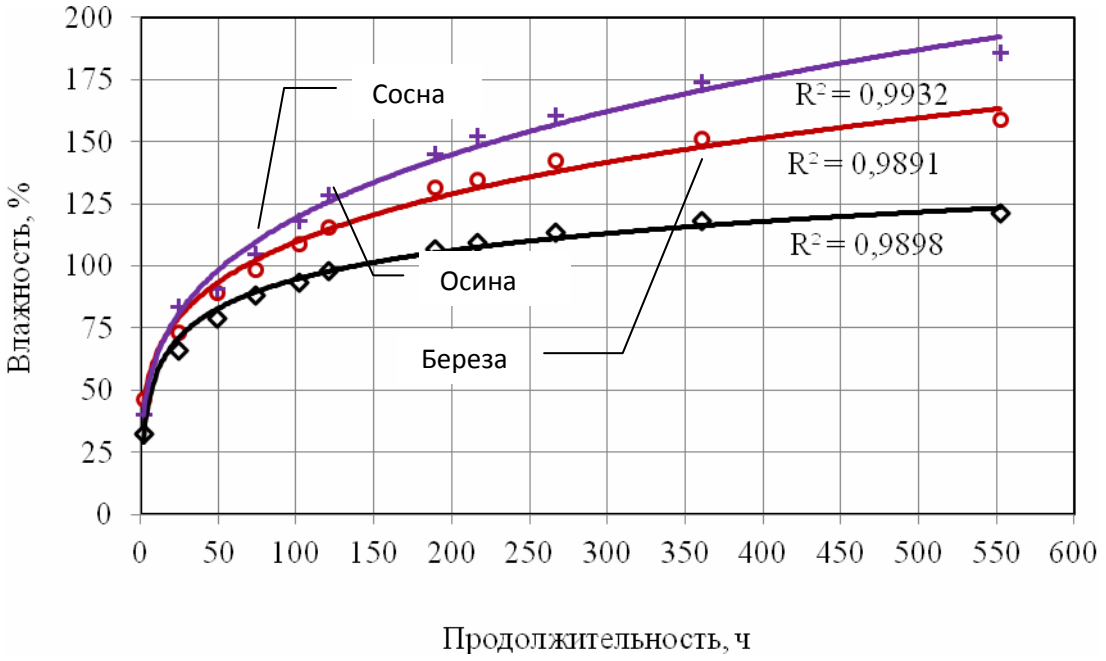


Рисунок 2 – Динамика водопоглощения ТМД после режима тепловой обработки при t = 200 °С и τ = 8 ч

Аналогично как при водопоглощении имеется различие в динамике сорбции влаги образцами ТМД. С увеличением температуры в процессе термомодификации скорость влагопоглощения снижается, особенно у осиновой древесины. При дальнейшей выдержке образцы ТМД обработанные при 200 °С имеют меньшее влагопоглощение, чем образцы обработанные при температуре 160 °С. Разница в влагопоглощении, в зависимости от режима термообработки, в среднем составила для лиственных пород 4,7 %, а для сосны 4,1 %.

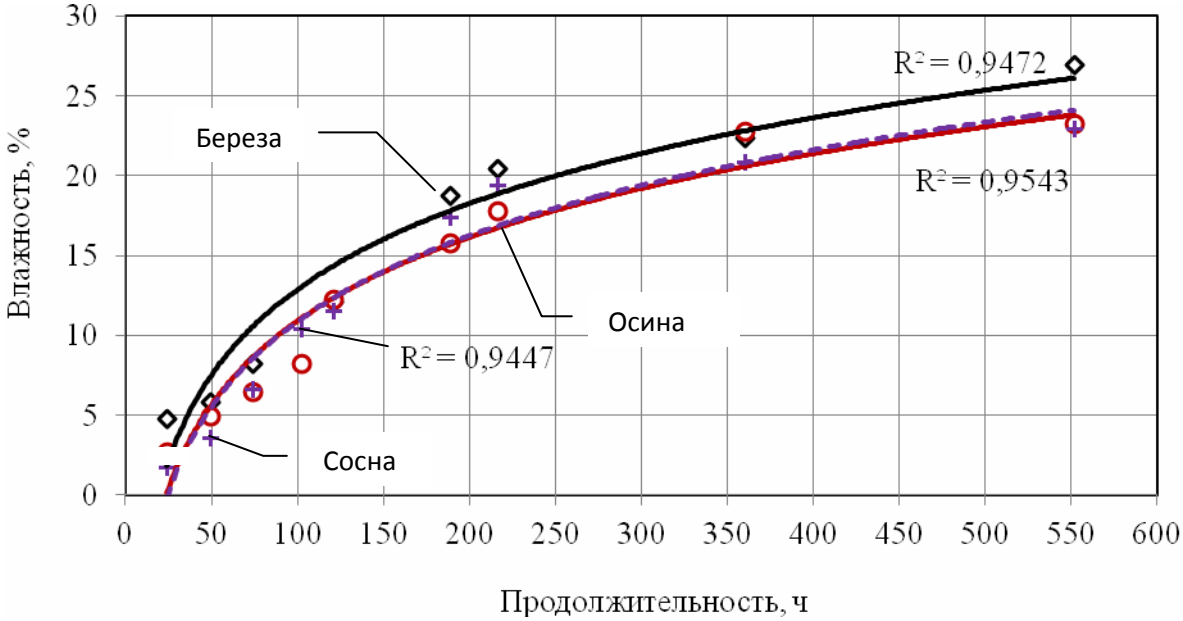


Рисунок 3 – Динамика влагопоглощения ТМД после режима тепловой обработки при t = 160 °С и τ = 6 ч

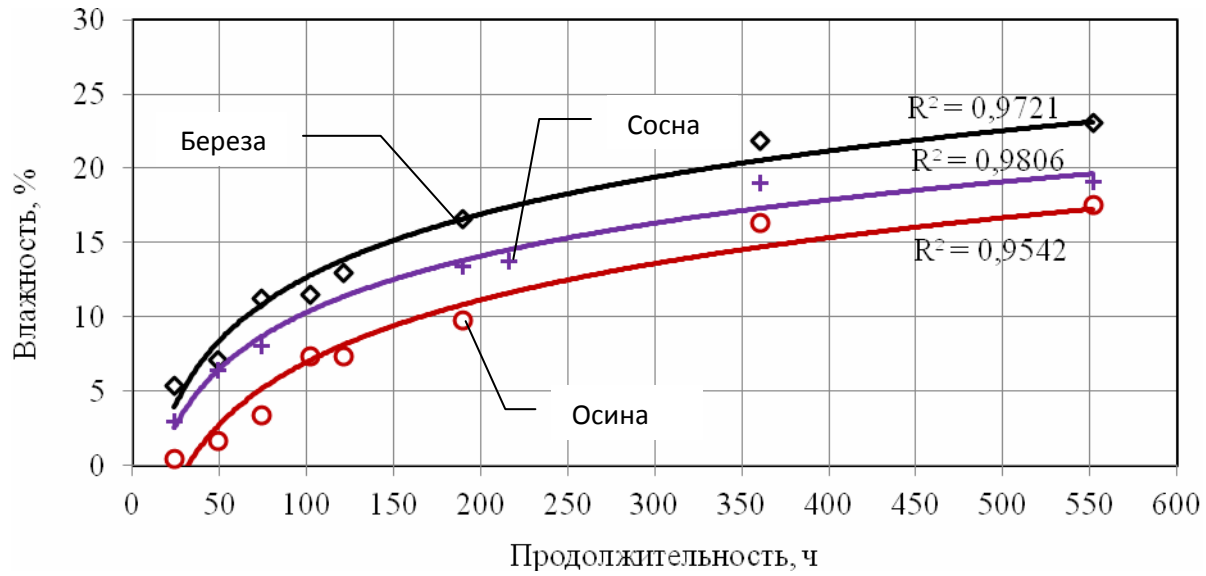


Рисунок 4 – Динамика влагопоглощения ТМД после режима тепловой обработки при t = 200 °С и τ = 8 ч

Таким образом, результаты опытов показывают влияние температурных уровней режима термообработки на сорбционные свойства полученного материала. С увеличением температуры интенсифицируются деструктивные разрушения клеточной стенки, следовательно, способность поглощать воду возрастает. Однако повышенные температуры снижают способность ТМД сорбировать влагу из окружающей среды, а это очень положительно сказывается на эксплуатации изделий из такого материала.

Полученные в работе результаты первичны и требуют дальнейших исследований влияния процессов термомодификции древесины на её эксплуатационные характеристики.

Библиографический список

1. Сафин Р.Р., Разумов Е.Ю. Разработка технологий и оборудования термомодифицирования пиломатериалов: моногр.. Йошкар-Ола: Изд-во ФГБОУ ВПО ПГТУ, 2015. - 380 с.

2. Ахметова Д.А. Разработка энергосберегающей технологии термомодифицирования древесины: Автореф. дис. канд. техн. наук. Казань. 2009.-16 с.

3. Владимирова Е.Г. Технология производства заготовок из термически модифицированной древесины: Автореф. дис. канд. техн. наук. Москва. 2012. 22 с.

4. Сафин Р.Р., Хасаншин Р.Р., Шайхутдинова А. Р., Сафина А.В. Исследование скорости нагрева при термомодифицирование древесины // Мир прикладных наук. 2014. В.30. - С.1618-1621.

5. Швамм Е.Е., Швамм Л.Г. Изучение отдельных физико-механических свойств древесины березы, термомодифицированной по технологии «Бикос» // Лесная и деревообрабатывающая промышленность. №2. Минск: Труды БГТУ, 2014. - С. 214-217.

УДК 674.817.41

М.А.Баяндин
А.А. Намятов
В.В. Стрикун

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ ПРЕССОВАНИЯ ДРЕВЕСНЫХ ПЛИТ ПРИ ПРИМЕНЕНИЕ МОДИФИЦИРОВАННОГО СВЯЗУЮЩЕГО

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный аэрокосмический университет имени М.Ф. Решетнёва»
г. Красноярск

В статье освещается вопрос определения оптимальных режимов прессования древесных плит из крупноразмерных волокнистых частиц и модифицированного связующего, с возможностью получения композиционного строительного материала с физико-механическими свойствами, превосходящими существующие аналоги

В настоящее время актуальной проблемой при лесозаготовительных работах является образование большого количества отходов, сновным способом утилизации которых является сжигание или захоронение на месте рубок. Полученные ранее результаты [1] позволяют говорить о высоких механических показателях полученного материала. Однако при этом не установлены оптимальные условия обеспечения механической прочности, поэтому в данной статье изучено влияние технологических факторов на предел прочности при статическом изгибе. Поэтому основной целью настоящей работы является разработка технологических аспектов производства древесных плит из крупноразмерных волокнистых частиц и модифицированного связующего.

В данной работе в целях разработки режимных параметров горячего прессования древесных плит проведены специальные исследования в лабораторных условиях. Для этого использовались ґрупноразволокненные древесные частицы (толщина от 5 до 10 мм, ширина от 7 до 12 мм, длина от 35 до 80 мм) с применением модифицированного связующего. В качестве связующего использовалась смола марки СФЖ 3013. В качестве модификатора использовался диазоаминобензол – желто-коричневые кристаллы с характерным запахом; с температурой плавления от 96 до 98 ^{o}C; с температурой разложения 150 ^{o}C, газовое число 113 см^3/г.

Эксперименты были реализованы согласно B^3 плана. В качестве варьируемых факторов приняты удельное давление прессования $P_{уд}$ (X_1), МПа и удельная продолжительность прессования, $\tau_{уд}(X_2)$, мин/мм уровни варьирования которых приведены в таблице 1. Критериями оценивающими качественные характеристики древесных плит приняты

Таблица 1 – Переменные факторы и уровни их варьирования

Наименование факторов	Обозначения	Уровни варьирования		
		Верхний +1	Основной 0	Нижний -1
Удельное давление прессования, МПа	$P_{уд}(X_1)$	1,8	1,6	1,4
Удельная продолжительность прессования, мин/мм	$\tau_{уд}(X_2)$	0,40	0,30	0,20

Регрессионный анализ позволил получить следующее уравнение, описывающее влияние основных факторов на величину предела прочности при статическом изгибе

$$\sigma_{изг} = 34,47 + 2,15X_1 + 0,82X_2 - 1,06X_1^2 - 1,90X_2^2 \qquad (1.1)$$

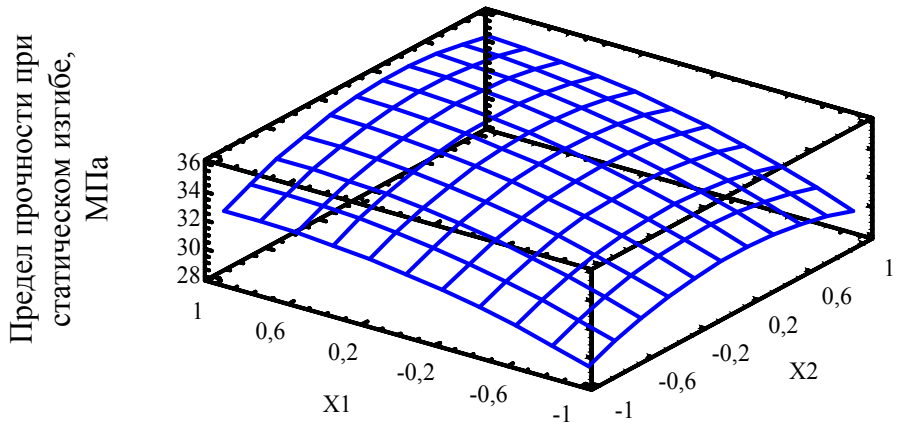


Рисунок 1 – Зависимость предела прочности от давления прессования (X_1) и продолжительности прессования (X_2)

Из этого следует, что наибольшее влияние на предел прочности при статическом изгибе влияет удельное давление прессования, с увеличением данного параметра прочность практически линейно возрастает. При вариации предел прочности при статическом изгибе повышается более чем на 10 %, что обусловлено равномерным уплотнением древесных частиц и, следовательно, их прочности. Следует отметить, что зависимость исследуемого показателя от продолжительности прессования имеет экстремум в точке 0,3. Это говорит о том, что более длительная выдержка приводит к частичной деструкции связующего и соответственно к снижению качества склеивания древесных частиц.

Для поиска оптимальный значений варьируемых факторов проведен регрессионный анализ в натуральных значениях факторов и использован метод крутого восхождения по поверхности.

В ходе анализа получено следующее уравнение регрессии:

$$\sigma_{изг} = -61,67 + 90,06X_1 + 95,03X_2 - 26,38X_1^2 - 190,00X_2^2 \qquad (1.2)$$

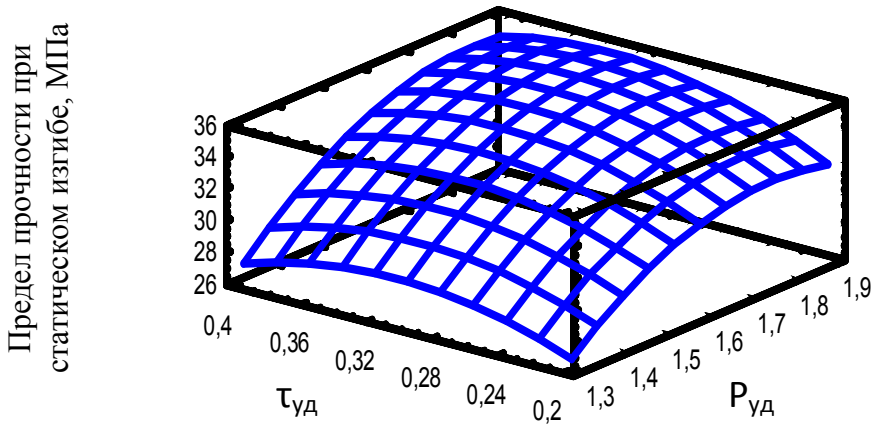


Рисунок 2 – Поверхность отклика в натуральных значениях факторов

Анализируя полученное уравнение и поверхность отклика можно сказать, что максимальная прочность (34,75 МПа) достигается при давлении прессования 1,8 МПа и удельной продолжительности прессования 0,33 мин/мм (получены методом крутого восхождения по поверхности). Влияние давления обусловлено уплотнением древесных частиц и повышением их исходной прочности. Установленная продолжительность прессования обеспечивает протекание процессов отверждения и увеличение объемной фазы связующего. Минимальные значения прочности 28,88 МПа, при удельном давлении 1,4 МПа и удельной продолжительности 0,2 мин/мм. Вероятно, это обусловлено, низкой степенью отверждения связующего и минимальным уплотнением древесных частиц. Известно, что в процессе прессования древесины наблюдается увеличение прочности [2].

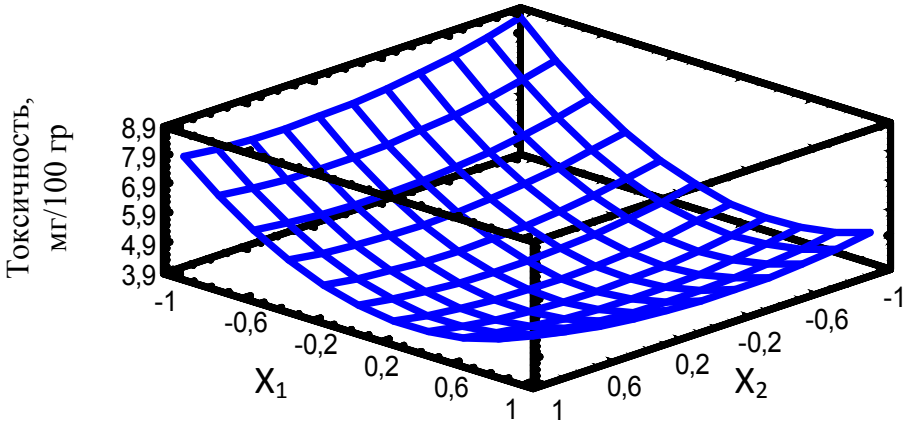


Рисунок 3 – Зависимость токсичности от давления прессования (X_1) и продолжительности прессования (X_2)

Регрессионный анализ позволил получить следующее уравнение, описывающее влияние основных факторов на величину токсичности:

$$E_ф = 4{,}23 - 1{,}52X_2 + 0{,}56X_1^2 + 0{,}31X_1X_2 + 2{,}03X_2^2 \qquad (1.3)$$

Из этого следует, что наибольшее влияние на токсичность влияет удельная продолжительность прессования, с уменьшением данного параметра токсичность уменьшается. При вариации варьируемыми факторами токсичность снижается более чем на 50 %.

Для поиска оптимальный значений варьируемых факторов обеспечивающих минимальную токсичность и максимальную прочность использовался метод крутого восхождения по поверхности.

На основании полученных результатов можно сказать, что минимальная токсичность достигается при давлении прессования 1,6 МПа и удельной продолжительности прессования 0,34 мин/мм.

Полученные результаты проведенных исследований позволяют рекомендовать для производства древесных плит следующие значения технологических параметров, указанных в таблице 2 [3].

Применение разработанных режимов прессования древесных плит из крупноразмерных волокнистых частиц и модифицированного связующего, с указанными значениями параметров позволит получить композиционный строительный материал с физико-механическими свойствами, превосходящими существующие аналоги.

Таблица 2 – Результаты проведенных исследований

Наименование параметра режима прессования	Значение прессования
Удельная продолжительность прессования, мин/мм	0,34
Удельное давления прессования, МПа	1,6
Температура прессования, ^{o}C	160
Расход связующего, %	не менее 9
Содержание модификатора в связующем, %	3 (растворенного в ацетоне)

Библиографический список:

1. «Развитие лесного комплекса Красноярского края на 2016–2018 годы». Отраслевая программа – Красноярск, 2015. – 96с.
2. «Денисов О.Б., Филиппович А.А. Прессование древесностружечных и древесноволокнистых плит / О.Б.Денисов, А.А. Филиппович – Красноярск: СибГТУ, 2000 – 48 с.
3. ГОСТ 10632-2014. Плиты древесно-стружечные. Технические условия. – Взамен ГОСТ 10632-2007; введ. 02.06.2014. – Москва: Стандартинформ, 2014. – 16с.

УДК 674-419.32

А.И. Криворотова
О.А. Усольцев

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГИБКОЙ ФАНЕРЫ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный аэрокосмический университет имени М.Ф. Решетнёва»
г. Красноярск

Фанера как материал конструкционного, декоративного, строительного и мебельного назначения широко известен.

Можно перечислить множество видов продукции, включенных в общее понятие «фанера»: фанера общего назначения, фанера авиационная, строительная, декоративная (ламинированная), бакелизированная, опалубочная, мебельная фанера, термореактивная, композиционная, облицованная, металлизированная, ребровая, виброизоляционная, армированная, фанера для авто-, вагоно- и контейнеростроения, огнезащищенная водостойкая фанера, фанера облицованная металлическими пленками, микрофанера, клееные шпоновые доски, трубная фанера, гнутоклееные заготовки, плиты фанерные;

В последние годы на российском рынке появился новый вид фанеры - фанера гибкая. Это фанера, изготовленная из тропических пород древесины. Основная особенность - возможность холодного формования минимальных радиусов изгиба.

При ближайшем рассмотрении история появления гибкой фанеры совпадает с хронологией появления и развития фанерной промышленности. Однако, то что традиционно ценится в традиционной фанере - жесткость и стабильность геометрических размеров долгое время сдерживало развитие и выпуск гибкой фанеры. Очень часто гибкая фанера воспринималась как побочный низкосортный продукт или брак.

Возникновению предложения гибкой фанеры, как отдельного продукта, способствовало появление спроса на нестандартную продукцию. Спрос появился в середине второй половины прошлого века с развитием новых направлений в строительном и мебельном дизайне, и дал начало новому направлению в фанерных технологиях.

Строительный и мебельный дизайнерский бум, захлестнувший мир заставил искать новый материал, например, для создания гибкой опалубки с целью отливки бетонных элементов криволинейных неповторяющихся форм или гибких криволинейных конструкций, способных выдерживать значительные нагрузки после их фиксирования. Таким образом, образовалось сочетание появления требуемого продукта и потребностей времени.

Сырьём для производства гибкой фанеры стали различные сорта тропической древесины, которые по своим природным свойствам более всего подошли для создания такой продукции, и были относительно легкодоступным и экономически оправданными.

В настоящее время гибкая фанера производится практически во всех регионах, где имеется развитая фанерная промышленность и подходящее сырье - на ближнем востоке, странах экваториальной Африки, Индии, Южной Америке.

Изготовление гибкой фанеры из традиционных пород, таких как береза, ясень, тополь или из хвойных пород на мировом рынке единично. Получаемая фанера представляется единичным эксклюзивным продуктом, поставляемым под заказ по высоким ценам.

В настоящее время основные разновидности гибкой фанеры, предлагаемой на мировом рынке следующие:

фанера породы «сейба» - производится в странах Африки и Ближнего Востока;

фанера породы «сумаума» - производится в Южной Америке, в основном в Бразилии;

фанера породы «парика» - производится в Южной Америке, в основном в Бразилии;

фанера породы «фавейра» - производится в Южной Америке, в основном в Бразилии;

фанера породы «керуинг» - производится в странах Индокитая и малой Азии, в основном в Индии.

Такой широкий предлагаемый ассортимент позволяет не только удовлетворять специфику спроса на гибкость и плотность фанеры, но и учитывать такие требования как цвет и текстура древесины.

Как уже отмечалось, для производства гибкой фанеры используются нетрадиционные для России, гигантские тропические породы деревьев.

Почему именно эти породы стали наиболее подходящим сырьем при производстве гибкой фанеры. Огромный размер бревен, относительно однородная структура, высокая эластичность, гибкость - все эти качества позволяют получать качественный, однородный, неломкий лущеный шпон. Из получаемого лущеного шпона изготавливаются наружные слои, так называемые рубашки фанеры, которые могут иметь толщину от 1 до 6 мм, в зависимости от желаемой толщины конечного продукта. При требуемой большей окончательной толщине фанеры рубашки склеиваются из двух и более слоев шпона, волокна которого располагаются в одном направлении. Расположение волокон древесины параллельно друг другу во всех слоях фанерного пакета является обязательным условием изготовления гибкой фанеры. Таким образом, может быть сформирован фанерный пакет для прессования гибкой фанеры толщиной до 28 мм.

Еще одной важной составляющей фанерного пакета при изготовлении гибкой фанеры является центральный слой, выполняющий функцию, так называемой «рессоры» - средней внутренней прослойки, определяющей гибкость фанеры. Роль этой внутренней центральной прослойки чаще всего выполняет строганый или лущеный шпон толщиной около 1 мм, с направлением волокон, перпендикулярным направлению волокон внешних рубашек. Вид шпона, используемый для изготовления центрального слоя, это ноу-хау, так сказать секрет, каждой фирмы – производителя. Свойства и технология изготовления центрального слоя напрямую влияют на качество и себестоимость готовой гибкой фанеры. Получить высокую гибкость фанеры простыми и рентабельными способами удается не всегда. В некоторых технологиях для изготовления центрального слоя используют природные свойства исходной древесной породы (например, керуинга), другие технологии предусматривают специальный подбор материала для создания центрального слоя или его химико-термическая обработку, что повышает гибкость фанеры, но увеличивает её стоимость.

Для склеивания лицевых и центрального слоёв чаще всего используют меламиноформальдегидные смолы, обладающие высокой скоростью отверждения, низкой токсичностью и бесцветным клеевым слоем.

Гибкой фанере можно дать общее определение – это трехслойная фанера, состоящая из однонаправленных наружных слоев и перпендикулярного им по направленности волокон центрального внутреннего слоя.

Исследование физико-механических свойств гибкой фанеры марки Керуинг проводились в лаборатории СибГТУ. Учитывая отсутствие данных о свойствах гибкой фанеры, исследования были начаты с показателей свойств, определяющих визуальные и эстетические свойства. Фанера марки Керуинг имеет темно-коричневый цвет, близкий к цвету венге. Визуально на наружных слоях фанеры просматривается текстура древесины с большим количеством полых трещин, разделяющих отдельные пряди волокон (кракелюр) без выделенной свилеватости. Фанера изгибается по плоскости в две стороны по направлению волокон наружных слоев. При определении средняя плотность образцов фанеры составила 742 кг/м^3, влажность гибкой фанеры породы Керуинг составила 6,3 %, что соответствует стандарту для фанеры общего назначении. Плотность фанеры общего назначения варьируется от 550 до 850 кг/м^3, влажность от 5 до 10 %.

В России промышленное производство фанерной продукции на основе меламиноформальдегидной смоле практически отсутствует. Согласно стандартам для производства высококачественной, водостойкой фанеры на основе меламиновых смол могут быть использованы две марки смолы: МС и КМС. Так как фанера на основе меламиновых смол относится к фанере повышенной водостойкости, то сравнение полученных показателей физико-механических свойств гибкой фанеры было произведено с показателями фанеры общего назначения марки ФСФ на основе фенолоформальдегидных смол. Фанера марки ФСФ также относиться к материалам повышенной водостойкости. Сравнение производили для фанеры марки ФСФ с наружными слоями из шпона лиственных и хвойных пород. Показатели прочности гибкой фанеры в несколько раз превосходят показатели фанеры общего назначения.

Водопоглощение и разбухание после вымачивания в воде в течение 24 ч составили соответственно 43,7 % и 40,2 %, предел прочности фанеры при скалывании по клеевому слою составил 2,3 МПа, что значительно превосходит требования стандарта для фанеры общего назначения (фанера марки ФСФ для березы 1,5 МПа, для хвойных пород – 1,0 МПа). Предел прочности при статическом изгибе гибкой фанеры вдоль волокон составил 189,3 МПа, поперек волокон – 44,4 МПа. Предел прочности

при статическом изгибе гибкой фанеры превосходит прочность березовой фанеры в 7,5 раза, а сосновой в 6,3 раза.

Такие, значительно большие, показатели прочности фанеры марки Керуинг в сравнении с фанерой общего назначения вероятнее всего связаны с особенностями структуры древесины Керуинг. В процессе склеивания листов шпона за счет наличия на поверхности древесины кракелюр обеспечивается более полное и качественное адгезионное взаимодействие с клеевым составом, затекание клея в поры и кракелюры древесины, возникновение более прочных механических связей между клеем и древесиной, что тем самым создает более высокопрочное соединение.

Заключение

Гибкая фанера перспективный качественный материал, отвечающий всем требованиям современной мебельной промышленности. Отличительной особенностью гибкой фанеры является то, что она может принять любую изогнутую форму с неограниченным количеством изгибов различных радиусов. Предел прочности при скалывании по клеевому слою гибкой фанеры марки Керуинг значительно превосходит значение фанеры общего назначения марки ФСФ с наружными слоями из шпона и лиственных и хвойных пород. Физико-механические показатели гибкой фанеры, такие как плотность, влажность, водопоглощение, разбухания имеют значения удовлетворяющие требованиям стандарта к фанере общего назначения марки ФСФ.

Библиографический список:

1 Волынский, В.Н. Технология клееных материалов [Текст] : учебное пособие для вузов / В.Н. Волынский. – Архангельск : Изд-во АГТУ, 1998. – 299 с.

2 Penrod [Электронный ресурс].- М., 2011.- Режим доступа : http: // www.penrod.ru/articles.html

3 RostWood [Электронный ресурс].- Studio7.- Киев, 2011.- Режим доступа: http: // www.rostwood.com.ua/фанера-гибкая/

4 AQUAGROUP [Электронный ресурс].- М., 2011.- Режим доступа : http://aquagroup.ru/articles/kak-nuzhno-gnut-faneru.html.

УДК 674.093

О.А. Усольцев
В.В. Огурцов
Е.В. Каргина
И.С. Матвеева

ПОВЫШЕНИЕ ОБЪЁМНОГО ВЫХОДА ПИЛОМАТЕРИАЛОВ ЗА СЧЕТ СОРТИРОВКИ БРЁВЕН ПО ТОЛЩИНЕ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный аэрокосмический университет имени М.Ф. Решетнёва»
г. Красноярск

Установлены зависимости объёмного выхода пиломатериалов от дробности сортировки брёвен идеальной формы и ориентации относительно постава пил по толщине. Показаны предельные теоретические возможности повышения выхода пиломатериалов путём оптимизации дробности сортировки брёвен по диаметрам.

Эффективность работы лесопильного предприятия во многом зависит от характеристик пиловочного сырья, технологии его подготовки к раскрою на пиломатериалы, процесса раскроя, сортировки пиломатериалов по сечениям, сушки пиломатериалов, технологии обработки пиломатериалов после сушки и гармонизации всего производственного процесса предприятия (Калитеевский, Пижурин, Соболев, Турушев). Спорным остаётся вопрос дробности сортировки брёвен по толщине. Поэтому в данной работе планируется установить взаимозависимость между двумя важнейшими показателями лесопильного производства - дробностью сортировки брёвен по толщине и объёмным выходом пиломатериалов, с тем, чтобы затем увязать их с экономической эффективностью лесопильного производства.

Исследования зависимости объёмного выхода пиломатериалов от дробности сортировки брёвен по толщине проводятся на брёвнах толщиной и длиной 16 см / 5,5 м с использованием постава № 1: 22 – 100 - 22; 22 – 40/3 – 22 с максимальным объёмным выходом 55,38 %; постава № 2: 22 – 125 – 22; 22 – 32/3 – 22 с максимальным объёмным выходом 54,19 %; постава № 3: 22 – 100 – 22; 22 – 32/3 – 22 с объёмным выходом 52,40 %, на брёвнах 22 см / 5,5 м с использованием оптимального постава № 4: 25 - 150 – 25; 25 – 50/3 – 25 обеспечивающего максимально возможный объёмный выход 58,04 %; постава № 5: 25/2 – 100 – 25/2; 25 – 50/3 – 25 с объёмным выходом 57,67 %; постава № 6: 25/2 – 100 – 25/2; 25/3 – 50 – 25/3 с объёмным выходом 55,98 %, на брёвнах 26 см / 5,5 м с использованием постава № 7: 25/2 – 150 – 25/2; 25/2 – 50/3 – 25/2 с объёмным выходом 61,39 %; постава № 8: 25/3 – 125 – 25/3; 25/2 – 50/3 – 25/2 с объёмным выходом 60,69 %; постава № 9: 25/2 – 150 – 25/2; 25/9 с объёмным выходом 59,63 %.

В настоящей статье анализируются исследования объёмного выхода пиломатериалов из брёвен идеальной формы и ориентации относительно постава пил.

Исследования показывают, что зависимость объёмного выхода пиломатериалов от амплитуды варьирования толщины брёвен при номинальном (расчётном) диаметре 16 см зависит от структуры постава (набора толщин пиломатериалов) и практически не зависит от качества постава (расчётного объёмного выхода). При изменении амплитуды варьирования толщины бревна от 2,5 мм до 30 мм объёмный выход пиломатериалов уменьшается на 1,68…2,95 %, при изменении амплитуды от 2,5 мм до 10 мм – на 0,47…2,6 %, при изменении от 10 мм до 30 мм – на 0,34…1,81 %, при изменении амплитуды от 10 мм до 20 мм – на 0…1,39 %, при изменении от 20 мм до 30 мм объёмный выход снижается на 0,13…0,42 %.

Полученные результаты указывают на то, что максимально возможная (теоретическая) дробность сортировки брёвен по толщине при номинальном значении толщины 16 см повышает объёмный выход пиломатериалов до 2,95 %. Причём, наибольший эффект (0,47…2,60 %) даёт переход от нормативной дробности сортировки брёвен по толщине (± 10 мм – по одному чётному диаметру) к сверхточной (± 2,5 мм). Этим можно объяснить, почему, например, в Финляндии сортировка брёвен производится с точностью ±5 мм, а не с точностью ± 10 мм, как требуется в России.

Переход от сортировки брёвен по трём чётным диаметрам (± 30 мм) к сортировки по двум чётным диаметрам (± 20 мм) и переход от сортировки от двух чётных диаметров (± 20 мм) к сортировки по одному чётному диаметру (± 10 мм) теоретически может повышать объёмный выход в зависимости от качества постава на 0…1,39 %. Поскольку объёмный выход пиломатериалов зависит от большого количества факторов, то вычленить такой его прирост в производственных условиях и связать его исключительно с дробностью сортировки весьма сложно. Поэтому производственники очень неохотно используют нормативную дробность сортировки брёвен по толщине, тем более, что сортировка брёвен является дорогостоящей технологической операцией.

Из рисунка 1 видно, что зависимость объёмного выхода пиломатериалов от амплитуды варьирования толщины бревна при расчётном диаметре 22 см зависит от структуры и качества постава. При изменении амплитуды варьирования толщины бревна от 2,5 мм до 30 мм объёмный выход пиломатериалов уменьшается на 1,35…3,2 %, при изменении амплитуды от 2,5 мм до 10 мм – на 0,59…1,18 %, при изменении от 10 мм до 30 мм – на 0,60…2,02 %, при изменении амплитуды от 10 мм до 20 мм – на 0,39…0,93 %, при изменении от 20 мм до 30 мм объёмный выход снижается на 0,21…1,09 %. Из полученных результатов следует, что максимально возможная (теоретическая) дробность сортировки брёвен по толщине при номинальном значении толщины 22 см повышает объёмный выход пиломатериалов до 3,2%. Наибольший эффект (0,59…1,18 %) даёт переход от нормативной дробности сортировки брёвен по толщине (± 10 мм – по одному чётному диаметру) к сверхточной (± 2,5 мм). Переход от сортировки брёвен по трём чётным диаметрам (± 30 мм) к сортировки по двум чётным диаметрам (± 20 мм) и переход от сортировки от двух чётных диаметров (± 20 мм) к сортировки по одному чётному диаметру (± 10 мм) теоретически может повышать объёмный выход в зависимости от качества постава на 0,21…1,09 %.

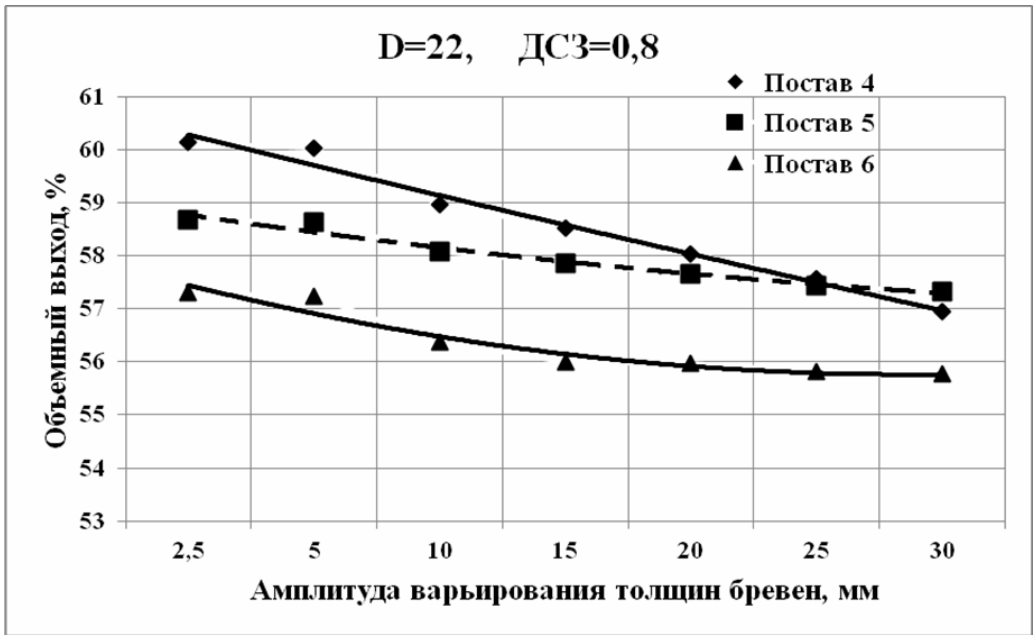


Рисунок 1 - Зависимость объёмного выхода пиломатериалов от амплитуды варьирования толщины бревна в распиловочной партии брёвен 22 см/5,5 м

Зависимость объёмного выхода пиломатериалов от амплитуды варьирования толщины брёвен при расчётном диаметре 26 см имеет линейный характер и практически не зависит от структуры и качества постава. При изменении амплитуды варьирования толщины бревна от 2,5 мм до 30 мм объёмный выход пиломатериалов уменьшается на 0,89…1,72 %, при изменении амплитуды от 2,5 мм до 10 мм – на 0,25…0,62 %, при изменении от 10 мм до 30 мм – на 0,63…1,22 %, при изменении амплитуды от 10 мм до 20 мм – на 0,27…0,65 %, при изменении от 20 мм до 30 мм объёмный выход снижается на 0…0,59 %. Из полученных результатов следует, что максимально возможная (теоретическая) дробность сортировки брёвен по толщине при номинальном значении толщины 26 см повышает объёмный выход пиломатериалов до 1,72 %. Переход от сортировки брёвен по трём чётным диаметрам (± 30 мм) к сортировки по двум чётным диаметрам (± 20 мм) и переход от сортировки от двух

чётных диаметров (± 20 мм) к сортировки по одному чётному диаметру (± 10 мм) теоретически может повышать объёмный выход в зависимости от качества постава на 0,24…0,65 %.

Сопоставляя результаты исследований при номинальных толщинах брёвен 16, 22 и 26 см, видим, что влияние варьирования толщины бревна в распиловочной партии на объёмный выход пиломатериалов при номинальных толщинах 16 см и 22 см статистически не различимо: за счёт сортировки брёвен по толщине для указанной группы номинальных толщин брёвен теоретически можно повысить объёмный выход пиломатериалов до 3,2 %, за счёт реальной в настоящее время сортировка брёвен по одному чётному диаметру можно повысить объёмный выход пиломатериалов до 2 %. При номинальной толщине бревна 26 см их сортировка по толщине теоретически может повысить объёмный выход пиломатериалов до 1,7 %, а сортировка по одному чётному диаметру – до 1,2 %.

Таким образом, при толщинах брёвен 16…22 см степень влияния дробности сортировки брёвен по толщине на объёмный выход пиломатериалов в 1,5…2 раза выше, чем при толщине 26 см.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При расчётном диаметре брёвен до 22 см и длине 5,5 м их сортировка по толщине теоретически может повысить объёмный выход пиломатериалов до 3,2%. За счёт сортировка брёвен по одному чётному диаметру можно повысить объёмный выход пиломатериалов до 2 %.

При расчётной толщине брёвен 26 см их сортировка по толщине теоретически может повысить объёмный выход пиломатериалов до 1,7 %. За счёт сортировки брёвен по одному чётному диаметру можно повысить объёмный выход пиломатериалов до 1,2 %.

При толщинах брёвен 16…22 см степень влияния дробности сортировки брёвен по толщине на объёмный выход пиломатериалов в 1,5…2 раза выше, чем при толщине 26 см.

Библиографический список:

1. Калитеевский, Р.Е. Лесопиление в XXI веке. Технология, оборудование, менеджмент. Издание второе, исправленное и дополненное / Р.Е. Калитеевский. - СПб.: «ПРОФИКС» 2008. – 496 с.
2. Пижурин, А.А. Комплекс математических моделей задачи оптимизации раскроя хлыстов и бревен: научные труды / Центр научных исследований, институт механической обработки древесины. – Архангельск, 1988. – 147 с.
3. Соболев, И.В. Управление производством пиломатериалов / И.В. Соболев. - М.: Лесная промышленность. 1981. – 184 с.
4. Турушев, В.Г. Технологические основы автоматизированного производства пиломатериалов / А.Г. Турушев. – М.: Лесная промышленность, 1975. – 208 с.
5. Каргина, Е.В. Теоретические основы расчёта поставов для распиловки брёвен с пороками формы/ Каргина Е.В. Матвеева И.С., Огурцов В.В.//Хвойные бореальной зоны.-2011.-Т.28.-№1-2.- С.141-145.
6. Каргина, Е.В. Алгоритм имитационных исследований экономической эффективности лесопильных предприятий/ Каргина Е.В., Ридель Л.Н., Матвеева И.С., Огурцов В.В.//Хвойные бореальной зоны.-2011.-Т.28.-№1-2.-С.146-153.
7. Богданов, Е. С. Справочник по лесопилению / Е.С. Богданов, А.М. Боровикова, Н.Д. Голенищев / под ред. С. М. Хасдана – М., 424 с.

УДК 674.093

О.А. Усольцев
В.В. Огурцов
Е.В. Каргина
И.С. Матвеева

ПОКАЗАТЕЛИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛЕСОПИЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М.Ф. Решетнева»
г. Красноярск

Определены конкурирующие характеристики эффективности лесопильного производства. Установлены зависимости объёмного выхода пиломатериалов и рентабельности их производства от дробности сортировки пиловочного сырья по толщине без учёта случайного варьирования кривизны и эллиптичности брёвен, а также их самопроизвольного смещения относительно центра постава пил. Показана целесообразность использования рентабельности в качестве критерия оптимальности лесопильного производства.

Основным показателем технологического и технического уровня лесопильного предприятия традиционно считается объёмный выход пиломатериалов. Затраты, ценой которых достигается объёмный выход пиломатериалов, в общей теории лесопиления не учитываются. Это объясняется в основном тем, что в себестоимости пиломатериалов на сырьё приходится до 80 %, поэтому аксиоматично принимается, что практически любая экономия сырья перекрывает увеличение затрат, за счёт которых она достигается (Калитеевский, 2008).

Следует признать, что объёмный выход пиломатериалов является важнейшим показателем эффективности поставов (схем раскроя брёвен на пиломатериалы), однако его использование в качестве критерия оптимизации лесопильного производства является необоснованным.

Целью настоящей работы является выбор критерия оптимизации лесопильного производства путём сравнения объёмного выхода пиломатериалов и рентабельности их производства. Причём, сравниваются не фиксированные, а, значит не частные значения этих конкурирующих показателей, а их зависимости от дробности сортировки брёвен по толщине, от которой, в свою очередь, зависят все последующие операции производственного процесса лесопильного предприятия.

Исследования зависимости объёмного выхода пиломатериалов и рентабельности их производства от дробности сортировки брёвен по толщине проводятся на брёвнах толщиной и длиной 16 см / 5,5 м с использованием постава № 1: 22 – 100 - 22; 22 – 40/3 – 22 с теоретическим максимальным объёмным выходом (форма и размеры бревна – номинальные теоретические, поперечное смещение бревна относительно пил отсутствует, длины досок – от 1до 6,5 м с градацией – 0,25 м) 55,38 %; постава № 2: 22 – 125 – 22; 22 – 32/3 – 22 с теоретическим максимальным объёмным выходом 54,19 %; постава № 3: 22 – 100 – 22; 22 – 32/3 – 22 с объёмным выходом 52,40 %, на брёвнах 22 см / 5,5 м с использованием постава № 4: 25 - 150 – 25; 25 – 50/3 – 25, с выходом 60,21 %; постава № 5: 25/2 – 100 – 25/2; 25 – 50/3 – 25 с выходом 58,51 %; постава № 6: 25/2 – 100 – 25/2; 25/3 – 50 – 25/3 с выходом 57,04 %, на брёвнах 26 см / 5,5 м с использованием постава № 7: 25/2 – 150 – 25/2; 25/2 – 50/3 – 25/2 с выходом 61,39 %; постава № 8: 25/3 – 125 – 25/3; 25/2 – 50/3 – 25/2 с выходом 60,69 %; постава № 9: 25/2 – 150 – 25/2; 25/9 с выходом 59,63 %. Исследования объёмного выхода пиломатериалов

и рентабельности производства проводятся при минимальной длине доски 1,5 м с градацией 0,3 м, а исследования рентабельности проводятся при доле сырьевых затрат в себестоимости производства пиломатериалов ДСЗ=0,8 и ДСЗ=0,6.

Исследования показали, что зависимость рентабельности производства от варьирования толщин брёвен в распиловочных партиях брёвен 16 см/5,5 м, 22 см/ 5,5 м и 26 см/ 5,5 м при ДСЗ=0,8 практически не зависит от поставов и объёмных выходов, которые они обеспечивают. При всех рассмотренных поставах сортировка брёвен с точностью выше ± 3,7…± 3,8 мм убыточна, рентабельность возрастает наиболее значительно (на 14,8…19,0 %) при увеличении величины варьирования толщин брёвен от ± 2,5 до ± 10 мм. При увеличении варьирования толщин брёвен от ± 10 до ± 20 мм рентабельность возрастает на 1,4…4,4 %, а при увеличении варьирования толщин брёвен от ± 20 до ± 30 мм приращения рентабельности могут иметь разные знаки: от – 0,5 % до + 1,8 %.

Установленные закономерности можно объяснить тем, что при высокой дробности сортировки затраты на её реализацию настолько велики, что они значительно превосходят увеличение выручки, связанное с повышением объёмного выхода пиломатериалов. Переход на сортировку брёвен по двум чётным диаметрам (± 20 мм) настолько упрощает и удешевляет процесс сортировки, что это перекрывает потери, связанные с уменьшением объёмного выхода пиломатериалов. При дальнейшем снижении точности сортировки брёвен потери от снижения объёмного выхода уже могут перекрывать положительный эффект от упрощения процесса сортировки брёвен по толщине.

Для выяснения, как изменится характер исследуемых зависимостей при изменении доли стоимости брёвен в себестоимости пиломатериалов, проводятся повторные имитационные исследования при уменьшении доли стоимости брёвен с 80 % до 60 % (этим моделируется ситуация, когда снижаются цены на сырьё или повышаются затраты на производство пиломатериалов). В результате установили, с уменьшением доли стоимости брёвен в себестоимости пиломатериалов с 80 % до 60 % повышение точности сортировки брёвен по толщине до ± 7 мм уже делает производство пиломатериалов не рентабельным. А с уменьшением дробности сортировки брёвен с ± 5 мм до ± 30 мм рентабельность возрастает на 18,7..22,1 %, то есть примерно в 2 раза сильнее, чем при ДСЗ=0,8. Это значит, что с увеличением точности сортировки затраты на её осуществление нарастают тем сильнее, чем выше их доля в себестоимости пилопродукции. Иными словами, с повышением дробности сортировки эффект от повышения объёмного выхода пиломатериалов перекрывается нарастающими затратами на сортировку тем сильнее, чем выше их доля в себестоимости пиломатериалов. Или, ещё проще – чем дешевле сырьё и чем дороже его обработка, тем с меньшей точностью его следует сортировать.

Таким образом, при ДСЗ=0,6 целесообразно сортировать брёвна через три чётных диаметра.

На рисунке 1 представлены конкурирующие критерии эффективности лесопильного предприятия для брёвен диаметром 22 см, длиной 5,5 м и ДСЗ=0,8

По оси абсцисс откладывается величина максимального отклонения диаметра бревна от расчётной величины при равновероятном законе распределения. Так, например, значение 10 на оси абсцисс на рисунке 1 означает, что в распиловочной партии диаметры брёвен варьируют в пределах ± 10 мм или от 210 до 230 мм, то есть используется сортировка брёвен по чётным диаметрам (по одному чётному диаметру).Из рисунка 1 видно, что уменьшение дробности сортировки брёвен по толщине вызывает изменения объёмного выхода и рентабельности с различными знаками: объёмного выхода со знаком минус, а рентабельности со знаком плюс.

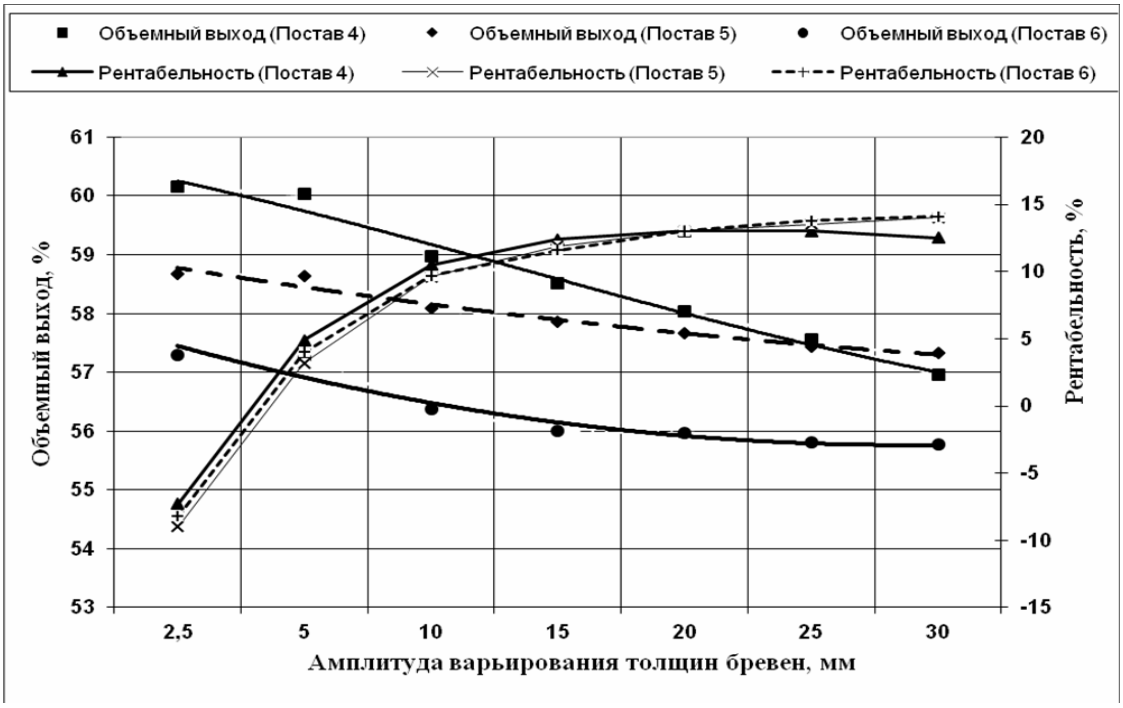


Рисунок 1 – Конкурирующие критерии эффективности лесопильного предприятия для бревен диаметром 22 см, длиной 5,5 м и ДСЗ=0,8

Таким образом, объёмный выход пиломатериалов не может использоваться в качестве критерия оптимизации структуры и параметров лесопильного производства даже когда стоимость сырья в себестоимости пиломатериалов составляет 80 %. В качестве критерия оптимизации лесопильного производства целесообразно использовать его рентабельность.

При оперативном планировании процессов раскроя пиловочного сырья на пилопродукцию основным показателем лесопильного производства остаётся объёмный выход пиломатериалов. Он также является весьма важным показателем технологического уровня предприятия.

Библиографический список:

1. Калитеевский, Р.Е. Лесопиление в XXI веке. Технология, оборудование, менеджмент. Издание второе, исправленное и дополненное / Р.Е. Калитеевский. - СПб.: «ПРОФИКС» 2008. – 496 с.
2. Пижурин, А.А. Комплекс математических моделей задачи оптимизации раскроя хлыстов и бревен: научные труды / Центр научных исследований, институт механической обработки древесины. – Архангельск, 1988. – 147 с.
3. Соболев, И.В. Управление производством пиломатериалов / И. В. Соболев. - М.: Лесная промышленность. 1981. – 184 с.
4. Каргина, Е.В. Теоретические основы расчёта поставов для распиловки брёвен с пороками формы / Е.В. Каргина, И.С. Матвеева, В.В. Огурцов // Хвойные бореальной зоны. - 2011.-Т.28. - №1-2. - С. 141-145.
5. Каргина, Е.В. Алгоритм имитационных исследований экономической эффективности лесопильных предприятий / Е.В. Каргина, Л.Н. Ридель, И.С. Матвеева, В.В. Огурцов // Хвойные бореальной зоны. - 2011. - Т.28. - № 1-2.-С. 146-153.

УДК 674: 658.512

А.В. Мелешко
С.С. Романова
Т.С. Ченцова

РАЗРАБОТКА СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ФАСАДОВ МЕБЕЛИ СЛОЖНОЙ ФОРМЫ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М.Ф. Решетнева»
г. Красноярск

В статье рассмотрены вопросы особенности технологической подготовки производства фасадов мебели сложной формы с использованием различных конструкционных материалов. Предложена структурная схема технологии изготовления изделий из древесины, учитывающая основные элементы технологического процесса и связи между ними. Данная схема используется при разработке автоматизированной системы проектирования технологических процессов деревообработки.

В настоящее время расширяется ассортимент мебели с использованием новых конструкционных материалов таких как гибкая фанера, плиты Topan Form, Neatform и др. Данные материалы позволяют изготавливать мебель и другие изделия из древесных материалов с криволинейными радиусными фасадами и поверхностями. При этом используются различные конструкции изделий: с использование несущего каркаса (в один слой, в несколько слоев, комбинированный способ с использованием гибкой фанеры), бескаркасные (самонесущие конструкции комбинированные в один слой, двухслойные, сэндвич панели). Фасады мебели могут быть вогнутые, выгнутые, S-образные. Также для производства таких деталей могут использоваться склеенные между собой древевесноволокнистые плиты с последующим облицовыванием поверхности декоративной пленкой или отделкой лакокрасочными материалами.

Технологии изготовления криволинейных деталей характеризуются своими особенностями, связанными с использованием специального оборудования, материалов, оснастки. Это необходимо учитывать при автоматизации технологической подготовки производства.

Технология деревообработка имеет свои особенности связанные с многочисленными этапами обработки древесного сырья. Процесс может начинаться с распиловки пиловочного сырья с последующей сушкой пиломатериалов, их сортировкой, раскроем и изготовлением изделий из массивной древесиной (клееные щиты, бруски, погонаж и др.). Для реализации автоматизированного проектирования была предложена структурная схема технологического процесса деревообработки, включающая такие элементы как продукция, используемое сырье, характеристики деревообрабатывающего оборудования (тип, марка оборудования, возможность его использования для выполнения определенных технологических операций). В структуру технологического процесса включены такие элементы как этап, стадия, операция и связи между ними в виде возможных вариантов их реализации [1].

Используя выше описанную схему была разработана система проектирования на базе СУБД MS Access. Процесс проектирования в этом случае предусматривает последовательное определение этапов, стадий и операций с последовательным выбором соответствующего оборудования. Программа используется в учебном процессе для проектирования процессов лесопиления, гидротермической обработки древесины для изготовления кленной продукции (щиты, бруски) , погонажных изделий.

Для проектирования изделий из древесины сложной формы, таких как мебель с гнутыми фасадами, столярно-строительные изделия (окна, двери, лестницы и др.) и деталей деревянного домостроения требуется модернизация программы с модификацией структурной схемы, учитывающей особенности конструкций изделий и многообразие типов современного деревообрабатывающего оборудования.

На основании анализа особенностей технологии предлагается структурная схема технологического процесса, которая представлена на рисунке 1.

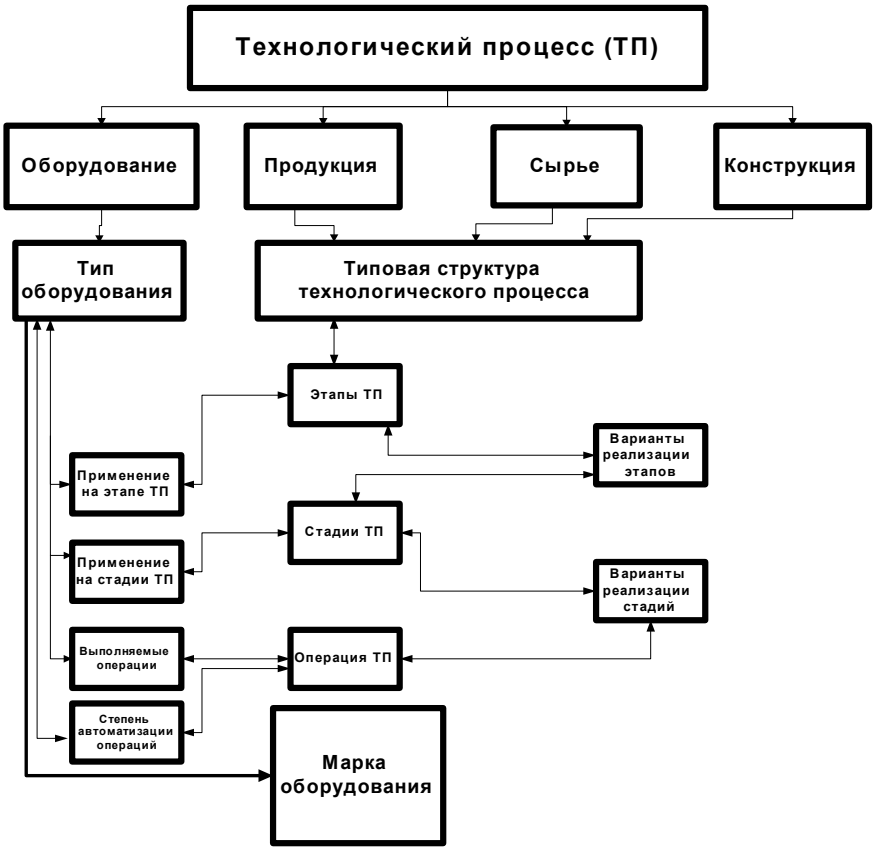


Рисунок 1 - Структурная схема технологических процессов деревообработки

В данную схему дополнительно включены следующие элементы: конструкция изделия, степень автоматизации технологических операций. При этом данная схема предполагает осуществлять выбор марки оборудования для выполнения определенных операций на заключительной стадии проектирования с учетом выбранных ранее этапов, стадий и степени автоматизации ТП. Включение конструкции изделий в структуру ТП позволит уже на начальных этапах проектирования установить особенности технологии изготовления различных типов фасадов мебели, различных видов оконных, дверных блоков, типов деревянных домов.

Используя связи между структурными элементами **ТП** и типом оборудования исключив ранее использовавшиеся связи с маркой станков позволит однозначно идентифицировать требуемое оборудование и существенно снизить трудозатраты при формировании базы данных и базы знаний технологии деревообработки.

Результаты аналитического обзора и предлагаемая структурная схема ТП изготовления изделий сложной формы позволит осуществить разработку информационно-логической модели технологии деревообработки и разработать систему автоматизированного проектирования изделий из древесины высокой степени сложности.

Библиографический список:

1. Мелешко, А.В. Информационные технологии в лесном комплексе. Автоматизированное проектирование технологических процессов деревообработки [Текст]: методические указания по выполнению лабораторных работ для студентов специальности 250403.65 и направления подготовки 250400.62 очной, очной сокращенной, заочной, заочной сокращенной форм обучения./ А.В. Мелешко, С.С. Романова – Красноярск : СибГТУ, 2011. – 25 с.

УДК 674.02

С.Г. Елисеев
В.Н. Ермолин
А.В. Намятов

УПРАВЛЯЕМОЕ ИЗМЕНЕНИЕ ПРОНИЦАЕМОСТИ ДРЕВЕСИНЫ БЕРЕЗЫ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный аэрокосмический университет им. М.Ф. Решетнева»
г. Красноярск

В работе представлена методика контролируемого изменения проницаемости древесины березы в радиальном направлении в целях прогнозируемого формирования текстуры древесины.

В настоящее время все более широкое применение получают искусственные материалы имитирующие древесину. При этом существующий ассортимент таких материалов практически не ограничивает дизайнеров, конструкторов и строителей огромным разнообразием цветов и текстур. Тем не менее, несмотря на привлекательный внешний вид, искусственные материалы не обладают престижностью присущей натуральной древесине, что во многом и предопределяет их ценовое позиционирование. А значительная доля рынка (особенно среднего и премиального сегментов) по-прежнему принадлежит изделиям из натуральной древесины.

В тоже время спрос на изделия из натуральной древесины не соответствует имеющемуся на рынке предложению. Главным сдерживающим фактором роста предложения выступает ограниченность запасов пород обладающих высокими декоративными свойствами древесины. С течением времени, поскольку запасы ценной древесины только сокращаются, изделия из натуральной древесины все очевиднее исчезают из среднего ценового диапазона, переходя в разряд элитных товаров.

Одним из путей решения данной проблемы является расширение использования менее ценной древесины распространенных мягколиственных пород, которая в натуральном виде не обладает привлекательным внешним видом [10].

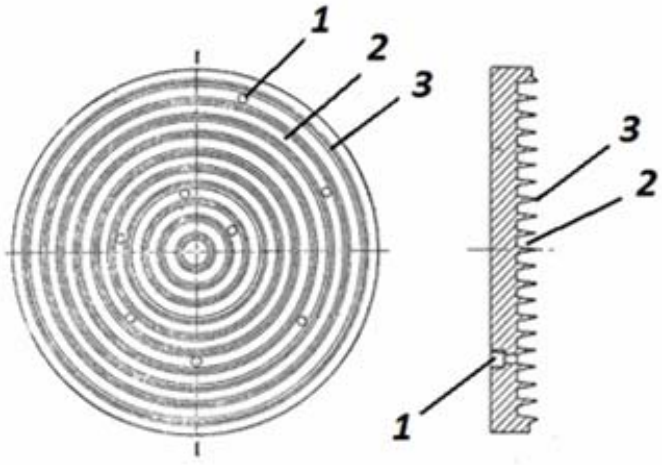
В литературе приводится достаточно много примеров удачных способов модификации древесины позволяющих придавать древесине яркую окраску и проявить невыразительную текстуру [1, 2, 3, 4, 5, 7, 9]. В тоже время стоит отметить, что такие способы предполагают достаточно узкий диапазон возможностей по формированию текстуры. Как правило, связанный с различной интенсивностью окрашивания древесины по ширине годичного слоя, или контрастной окраской сердцевинных лучей [1, 5, 7]. При этом такими способами практически невозможно сформировать текстуру

популярных в отделке древесных пород таких, например, как зебрано, фисташка, мербау и др.

а *б* *в*

Рисунок 1 – Внешний вид древесины: *а* – зебрано; *б* – фисташка; *в* – мербау

Накопленный нами опыт в области проницаемости древесины и направленной ее модификации показывает, что древесина березы может быть исходным материалом для создания такого рода текстуры, но только при условии возможности избирательного введения окрашивающего состава по сечению материала. Локальное пропитывание древесины в соответствии с требуемым рисунком достаточно просто и технологично можно обеспечить, к примеру, механическим способом, описанным в работе [8]. В которой окрашивающий раствор предлагается вводить через диск с заостренными коническими ребрами, обеспечивающими разделение пропитываемых и не пропитываемых зон в сортименте (Рисунок 2).

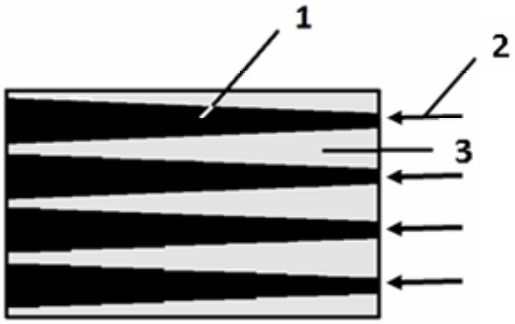


1 – отверстие для подвода красителя; 2 – концентрическая канавка;
3 – заостренное ребро

Рисунок 2 – Устройство для торцовой пропитки древесины

Однако как показывает опыт пропитки древесины, использование для формирования текстуры такого способа оправдано лишь отчасти. При таком способе введения окрашивающего состава трудно избежать сближения или даже смыкания фронтов пропитки за счет перераспределения раствора в радиальном направлении. Что в свою очередь приводит к существенному искажению проектируемой текстуры

(Рисунок 3) и делает невозможным формирование одинакового рисунка по всей длине сортимента. Поэтому данный способ применим только для короткомерных сортиментов. Для пропитки сортиментов длиной более 2 метров необходимо ограничивать радиальное перераспределение пропиточного раствора. И именно в древесине березы это можно обеспечить достаточно простыми методами.



1 – фронт пропитки; 2 – направление пропитки; 3 – непропитанная древесина

Рисунок 3 – Схема распределения пропиточного раствора при локальной пропитке древесины вдоль волокон

Как было установлено ранее поперечная проницаемость древесины березы значительно зависит от влажности [6]. С увеличением влажности радиальная проницаемость березовой древесины уменьшается в разы, а тангенциальная снижается незначительно.

Учитывая это, экспериментально было установлено, что при торцовом введении красителя необходимо контролировать исходную влажность сортиментов. Например, при необходимости формирования текстуры с резко очерченными границами по всей длине сортимента рекомендуется использовать древесину в свежесрубленном состоянии, или с влажностью более 35%. В этом случае пропиточный состав при движении вдоль волокон практически не перераспределятся в радиальном направлении, что позволяет создавать контраст на границе между окрашенной и неокрашенной зонами древесины без сближения фронтов пропитки.

При необходимости получения менее однородной текстуры по длине, необходимо использовать древесину с более низкой исходной влажностью (менее 20%). В этом случае пропитываемые зоны за счет перераспределения пропиточного раствора в радиальном направлении будут сближаться по длине и иметь растушеванные границы. При этом, чем ниже исходная влажность древесины, тем сильнее происходит перераспределение пропиточного раствора.

Таким образом, изменяя исходную влажность древесины березы перед пропиткой можно управлять ее поперечной проницаемостью. Что существенно повышает эффективность локальной торцевой пропитки древесины при направленном изменении ее декоративных свойств.

Библиографический список:

1. Анализ декоративных признаков древесины и модельное исследование изменения текстуры древесины / Н.А. Трубников // Лесотехнический журнал – 2011. – №3. – С. 31 – 37.
2. Избирательная пропитка и окрашенные узоры / Arai Kazushge, Vota Shigeki // Макудзай гакайси. J. Jap. Wood Res. Soc. – 1991. – № 5. С. 383 – 389.

3. Крашение древесины / Е.Ю. Беляев и [др.] // Химия растительного сырья. – 1999. – № 2. – С. 5 – 18.
4. Кушнирская, М.Ц. Крашение древесины в производстве мебели / М.Ц. Кушнирская. – М.: Лесная пром-ть, 1973. – 120 с.
5. Повышение качества отделочных и конструкционных материалов из березы объемной импульсной пропиткой водорастворимыми антипиренами и красителями: автореф. дис... канд. техн., наук / Ли Хунда. – Томск: ТПУ, 2010. – 20 с.
6. Проницаемость древесины березы жидкостями / С.Г. Елисеев, В.Н. Ермолин, А.В. Намятов // Хвойные бореальной зоны. – 2014. – Т. XXXII – № 5 – 6. – С. 77-80.
7. Трубников, Н.А. Разработка технологии улучшения текстуры древесины мягких лиственных пород избирательным окрашиванием и прессованием: автореф. дис... канд. техн., наук / Н.А. Трубников. – Воронеж: ВГЛТА, 2009. – 16 с.
8. Устройства для пропитки срубленной древесины: пат. 865028/29-14 СССР: МПК В 27k, 64ЮЗ, Кл. 38h, 4 / Черненко С. А. – № 829507/29-14; заявл. 06.04.1964; опубл. 30.07.1964, Бюл. №14. – 6 с.
9. Черненко, С.А. Облагораживание древесины красителями методом торцовой пропитки под давлением / С.А. Черненко, А.И. Бернат. – М.: Лесная пром-ть, 1968,- 38 с.
10. Шамаев В.А. Современное состояние и пути развития модифицированной древесины // Матер. межд. науч.-практ. конф. «Современные проблемы механической технологии древесины». С.Петербург, 2010. С.11-17.

УДК 674.2:624.011.15

Б.Д. Руденко
В.Т. Изотов

ФОРМИРОВАНИЕ ПРОЧНОСТИ КОМПОЗИТА НА ОСНОВЕ ЗОЛЫ СУХОГО УНОСА

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный аэрокосмический университет им. М.Ф. Решетнева»
г. Красноярск

Для создания композиционного цементно-древесного материала возможно использование золы сухого уноса и гипса. В качестве заполнителя применялись опилки древесины лиственницы, которая является непригодной для получения цементно-древесных материалов. Мероприятия для нейтрализации вредного воздействия древесного заполнителя не требуются

При сжигании каменного угля на электростанции образуется тонкодисперсный продукт зола -унос, размеры частиц которой в пределах от 5 до 100 мкм. Она состоит, в основном из алюмосиликатных компонентов, количество которых колеблется от 40 до 65 % всей массы и ее состав соответствует минеральной части сжигаемого топлива [1, 2].

Зола унос по своей структуре является вяжущим материалом, в некоторой степени, поэтому представляет интерес исследование кинетики ее нарастания прочности, особенно в присутствии таких компонентов, как древесные частицы и гипс.

Для исследования использовалась зола сухого уноса ТЭЦ-2 г. Красноярска, гипс по ГОСТ 125-79, опилки древесины лиственницы от круглопильного станка красноярского предприятия.

Образцы формовались размером 60×60×80 мм, испытание прочности на разрыв проводилось в испытательной машине FM-500 [3].

Изменялись два фактора, продолжительность твердения (твердение) и продолжительность выдержки (выдержка) до формования образцов, таблица 1. Методика эксперимента и обработки данных использована на основании источников [4,5,6,7,8,9,10]

В таблице 1 приведены значения изменения факторов в нормализованном и натуральном виде.

В результате проведения эксперимента получены значения коэффициентов уравнения регрессии, приведенных в таблице 2, там же даны их статистичекие оценки

Таблица 1 – Изменение исследуемых факторов

№	Нормализованные		Натуральные	
	Твердение	Выдержка	Твердение, сут	Выдержка, мин
1	-1	-1	3	6
2	0	-1	16	6
3	1	-1	29	6
4	-1	0	3	18
5	0	0	16	18
6	1	0	29	18
7	-1	1	3	30
8	0	1	16	30
9	1	1	29	30

Таблица 2 – Значение коэффициентов уравнения регрессии и их статистичекие оценки

Coefficient	Estimate	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio
constant	0,435556				
A:Твердение	0,208333	0,260417	1	0,260417	18,80
B:Выдержка	-0,085	0,04335	1	0,04335	3,13
AA	0,0416667	0,0034722	1	0,0034722	0,25
AB	-0,1275	0,065025	1	0,065025	4,69
BB	0,0516667	0,0053388	1	0,0053388	0,39
Total error		0,0415528	3	0,0138509	
Total (corr.)		0,419156	8		

Кроме того, статистические показатели модели характеризуются:
R-squared = 90,0865 %, R-squared (adjusted for d.f.) = 73,5641 %, Standard Error of Est. = 0,11769, Mean absolute error = 0,0602469, Durbin-Watson statistic = 2,719 (P=0,5282), Lag 1 residual autocorrelation = -0,379801

На рисунке 1 приведена диаграмма Парето для изучаемых факторов.

Наибольшее значение на процесс твердения оказывает продолжительность твердения, на втором месте, по значению, располагается взаимодействие факторов и третьим по значению фактором является продолжительность выдержки образцов в процессе изготовления. Нелинейность процесса выражена слабо, что мы и видим на представленной диаграмме.

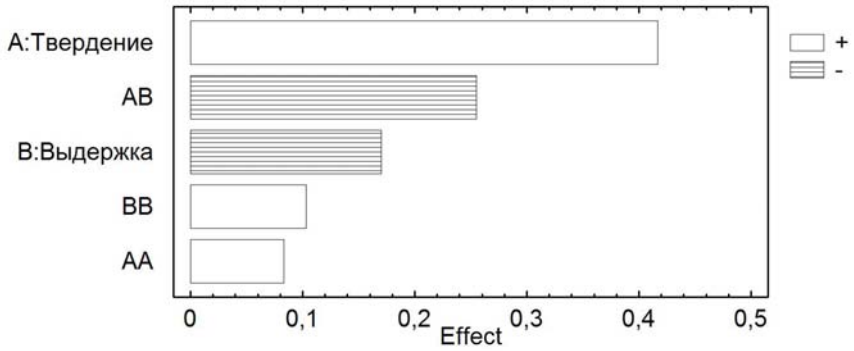


Рисунок 1 –Диаграмма Парето для исследуемых факторов

На рисунках 2 и 3 представлены кинетика нарастания прочности образцов на разрыв в зависимости от изменения исследуемых факторов.

Как видно из рисунков, нарастание прочности происходит в течение всего периода твердения, и в основном заканчивается в конце, как показали дополнительные эксперименты. Однако выдержка смеси до формования приводит к незначительному снижению прочности (0,27 – 0,30 МПа) в начале периода твердения. Это обстоятельство показывает, что в исследуемом диапазоне продолжительности выдержки до формования образцов в начале твердения влияет несущественно, и возрастает до значений 0,51 МПа до 0,96 МПа в конце периода твердения, что объясняется процессами схватывания гипса и формированием некоторой структуры [11,12].

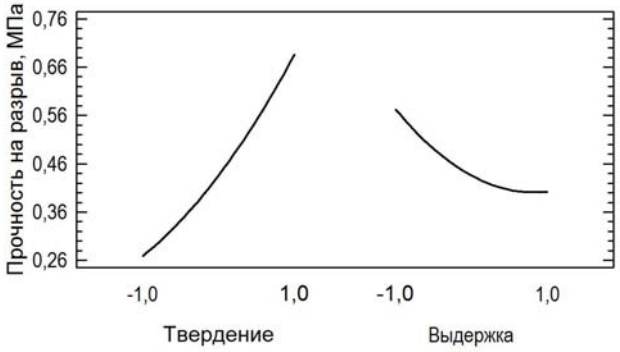


Рисунок 2 – Изменение прочности образцов на разрыв в зависимости от изменения исследуемых факторов

Рисунок 3 – Изменение прочности образцов на разрыв в зависимости от продолжительности твердения при разной выдержке в процессе изготовления

В заключение можно отметить, что использование золы сухого уноса совместно с гипсом, позволяет получать композиционные материалы на основе древесных частиц,

независимо от породы. Как видим, даже древесина лиственницы, являющейся непригодной для получения цементно-древесных материалов, может быть использована без проведения мероприятий по нейтрализации «цементных ядов»

Библиографический список:
1. Дворкин, Л.И. Строительные минеральные вяжущие материалы / Л.И. Дворкин, О.Л. Дворкин. – М.: Инфра-Инженерия, 2011. – 544 с.
2. Дворкин, Л.И. Строительные материалы из отходов промышленности [Текст] / Л. И. Дворкин, О.Л. Дворкин. –Ростов н/Д: Феникс, 2007. – 368 с.
3. Руденко, Б.Д. Образцы для исследования прочностных свойств цементнодревесных материалов [Текст] / Б.Д. Руденко, В.Т. Изотов // Лесной и химический комплексы-проблемы и решения. Сборник статей по материалам Всеросийской научно-практической конференции 23-24 октября 2014 г. Красноярск: СибГТУ, 2014 г. с. 60-62.
4. Руденко, Б.Д. Принципы получения цементно-древесных композиционных материалов [Текст] / Б.Д. Руденко // Вестник Московского государственного университета леса-Лесной Вестник. Москва. – 2015. - №1 с. 24-27
5. Абраменко, Н.В. Исследование режимных факторов получения композита на основе золы сухого уноса [Текст] /Н.В. Абраменко, Б.Д. Руденко //Молодые ученые в решении актуальных проблем науки: сборник статей студентов, аспирантов и молодых ученых. (с международным участием) 19-20 мая. – Красноярск, 2016. – с. 197-199.
6. Гоберман, В.А. Технология научных исследований / В.А. Гоберман, Л.А. Гоберман. – М.: МГУЛ, 2002. – 390 с.
7. Сидняев, Н.И. Теория планирования эксперимента и анализ статистических данных [Текст] / Н. И. Сидняев. – М.: Издательство Юрайт; ИД Юрайт, 2012. – 399 с. – серия: Магистр.
8. Пижурин, А.А. Методы и средства научных исследований: Учебник [Текст] / А.А. Пижурин, А.А. Пижурин (мл), В.Е. Пятков. – М.: ИНФРА-М, 2015. – 264 с.
9. Пен, Р.З. Планирование эксперимента в Statgraphics / Р.З. Пен. – красноярск: СибГТУ-Кларетианум, 2003. – 246 с.
10. Дюк, В. Обработка данных на ПК в примерах. [Текст] / В. Дюк. – СПб.: Питер, 1997. – 240 с.
11. Баженов, Ю.М. Технология бетона. Учебник. [Текст] / Ю.М. Баженов.- М.: Изд-во АСВ, 2011. – 528 с.
12. Сулименко, Л.М. Технология минеральных вяжущих материалов и изделий на их основе / Л.М. Сулименко. – М.: Высш. Шк., - 2005. – 334 с.

УДК 629.78

Л.В. Ручкин
Н.Л. Ручкина

КОМПЕНСАЦИЯ СИЛ ТРЕНИЯ В МЕХАНИЗМАХ УСТРОЙСТВ ИМИТАЦИИ НЕВЕСОМОСТИ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный аэрокосмический университет им. М.Ф. Решетнева» г. Красноярск

Проведен анализ методов компенсации сил трения в механизмах устройств имитации невесомости и показана возможность использования результатов при проектировании испытательной оснастки для штатных испытаний механических систем космических аппаратов.

При проведении наземных испытаний трансформируемых конструкций космических аппаратов (панели солнечных батарей (БС), антенные рефлекторы, штанги и т.п.)

необходимо создать условия, имитирующие состояние невесомости. При этом испытания проводятся в несколько этапов: на первом этапе – при нормальных условиях (атмосферное давление и комнатная температура), а затем проверяется работа изделия при пониженных температурах и в условиях вакуума.

Выбор системы имитации невесомости определяется кинематикой раскрывающегося звена, его динамическими характеристиками, требуемой точностью обезвешивания, числом испытываемых изделий.

В качестве объекта обезвешивания рассмотрено крыло пакетов панелей БС, состоящее из двухзвенной штанги и четырех панелей БС, показанных на рис. 1, на котором крыло пакета панелей БС изображено в сложенном положении и в промежуточном положении для иллюстрации процесса раскрытия. Представленные на рисунке этапы раскрытия А (первый этап раскрытия пакета панелей из транспортировочного положения в исходное), В (раскрытие пакета панелей в горизонтальное положение) и С (раскрытие концевых панелей в развернутое положение) следуют непрерывно один за другим. Необходимо обезвесить при раскрытии штангу без панелей БС. Штанга имеет привод в корневом шарнире.

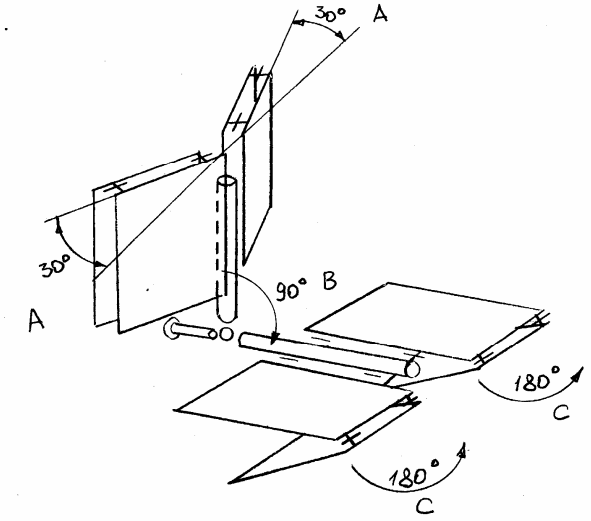


Рисунок 1 - Крыло пакетов панелей БС

В настоящее время при создании устройств имитации невесомости наиболее широко применяются трособлочные системы, обеспечивающие перемещения кареток с установленными на них изделиями на опорах качения, что приводит к значительным потерям энергии на компенсацию сил и моментов сил трения в механизмах устройств при обеспечении движения как в горизонтальной, так и в вертикальной плоскостях.

При проведении испытаний с высокими требованиями к точности проводимых измерений в нормальных условиях компенсировать действие сил трения в механизмах и направляющих испытательного стенда возможно при использовании газовой смазки как для прямолинейного, так и для вращательного движений.

Целью выполнения работы являлась разработка способов компенсации трения в направляющих и опорах механизмов устройства имитации невесомости при нормальных условиях при движении троса от груза-противовеса или принудительно от привода.

В ходе исследований было необходимо решить следующие задачи:

- рассмотреть конструкции и характеристики существующих опор с газовой смазкой;
- проанализировать типы и устройство применяемых ограничителей расхода;

- предложить методы расчета газовых опор для последующего использования при проектировании испытательной оснастки;
- предложить способы компенсации сил трения.

Из-за сравнительно невысоких скоростей раскрытия звеньев целесообразно использование аэростатических направляющих как при пассивном (движении троса от груза-противовеса или принудительно от привода), так и при активном (перемещение механизмов стенда от следящих приводов в зависимости от положения изделия) обезвешивании.

Применительно к решению поставленных задач рассматривались направляющие прямолинейного движения [1 – 4], которые могут быть иметь призматическую, плоскую или цилиндрическую формы.

Условия работы направляющих [5] определялись следующими основными факторами:

- давление постоянно при проведении конкретного испытания;
- изменение давления определяется заданной грузоподъемностью;
- скорость скольжения – максимальная скорость перемещения каретки;
- температура направляющих – комнатная температура;
- загрязнение направляющих определяется чистотой рабочей зоны;
- наличие реверсирования движения: движение может быть одно направленным, возвратно-поступательным, колебательным;
- периодичность движения – индивидуальные испытания;
- режим трения – жидкостное (аэростатическое) трение.

Для компенсации сил трения, действующих в горизонтальной плоскости, в качестве ограничителей расхода (дросселей) рассматривались [6] два типа: сопловые (рис. 2, а), в которых перепад давления между камерой наддува и смазочным слоем создается за счет сил инерции потока, и капиллярные (рис. 2, б), в которых этот перепад обусловлен силами вязкого трения.

На основании проведенного анализа разработан лабораторный стенд имитации невесомости (рис. 3), который состоит из станины, образованной стойками 1 и 2 с основаниями, стяжкой 3 и рамой 4. На раме 4 на кронштейнах 5 смонтированы секции направляющих 6. По секциям направляющих на воздушной подушке перемещается каретка 7 с роликами 8. На раме 4 также установлены в опорах ролики 9, привод 10. На стойке 1 смонтирован блок подготовки воздуха 11. Замкнутая трособлочная система образована тросом 12, роликами 8, установленными в опорах на раме 4, каретке 7, стойках 1 и 2. Штанга устанавливается на стойку 1 и шарнирно соединяется с трособлочной системой зажимом 13. Противовес 14 шарнирно соединяется с трособлочной системой.

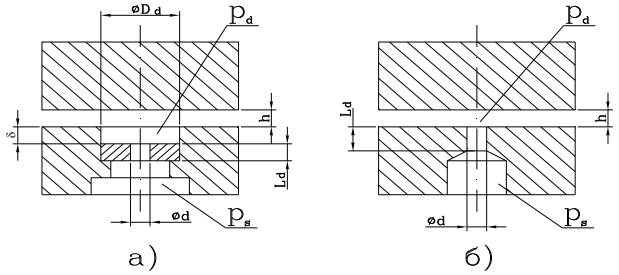


Рисунок. 2 - Схемы ограничителей расхода

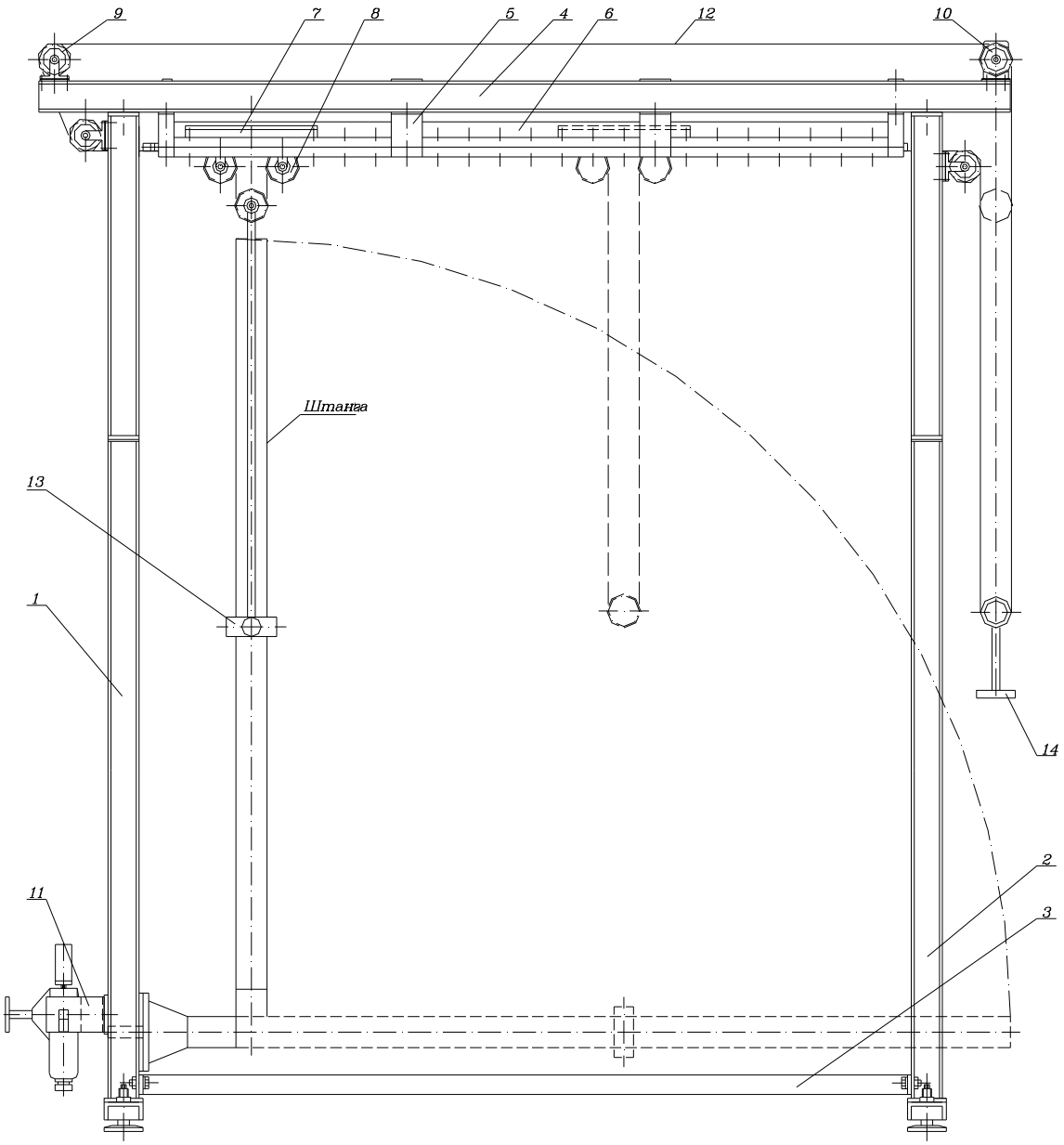


Рисунок 3 - Лабораторный стенд имитации невесомости

Основной узел конструкции – аэростатические направляющие, которые образованы 6-ю секциями, по три с каждой стороны рамы 4. Направляющие выполнены секционными для отработки способа их стыковки. В поперечном сечении каждая секция направляющей представляет собой квадрат с центральным отверстием для подвода воздуха к дросселирующим отверстиям.

На каждой секции для уменьшения расхода воздуха вдоль всей «рабочей» длины направляющей с заданным шагом в корпусах 15 установлены электропневматические распределители 16 (рис. 4). Корпуса 15 крепятся к секции направляющей при помощи втулок 18, в которые можно устанавливать сменные дроссели 17, выполненные в виде простой диафрагмы с диаметром отверстия d = 0,5 ... 2,5 мм с шагом 0,5.

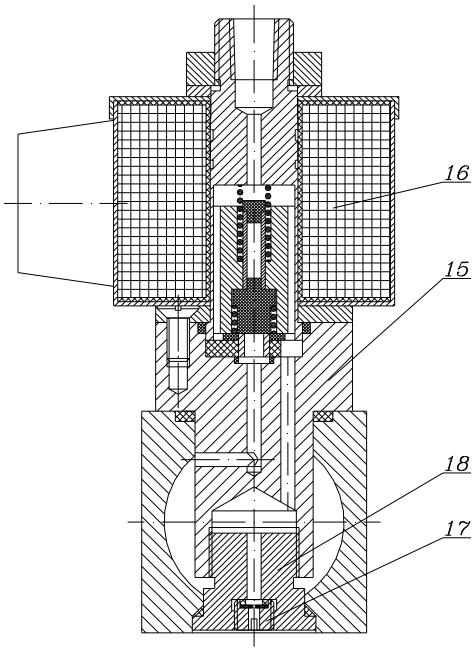


Рисунок 4 - Управляемый дроссель

Управление работой распределителей и дросселей осуществляется от датчиков положения каретки при помощи системы управления на базе ПЭВМ с использованием платы PCI – 1762 (фирма Advantech) релейных выходов (включение распределителей) и изолированных входов (сигналы от индуктивных датчиков). Распределители включаются в тот момент, когда каретка находится над ними. Управляющая программа разработана в среде графического программирования LabVIEW.

Экспериментальная отработка проводилась при сборке направляющих под углом в 45° друг к другу (призматические направляющие) и установке их в одной плоскости (рис. 5) – плоские направляющие. Усилие страгивания, например, при нагрузке F = 24 Н и воздушном зазоре 0,1 мм составило 0,029 Н, что на несколько порядков меньше, чем при применении направляющих качения.

Расчетная схема неполноохватывающей цилиндрической опоры представлена на рис. 6. Втулка 1 перемещается относительно цилиндрической направляющей 2, которая установлена на опорах 3 на основании 4. В направляющей 2 выполнены дискретные источники поддува 5, которые расположены с заданным шагом b_1 в осевом направлении. При осевом перемещении втулки включаются только отверстия поддува, расположенные под втулкой.

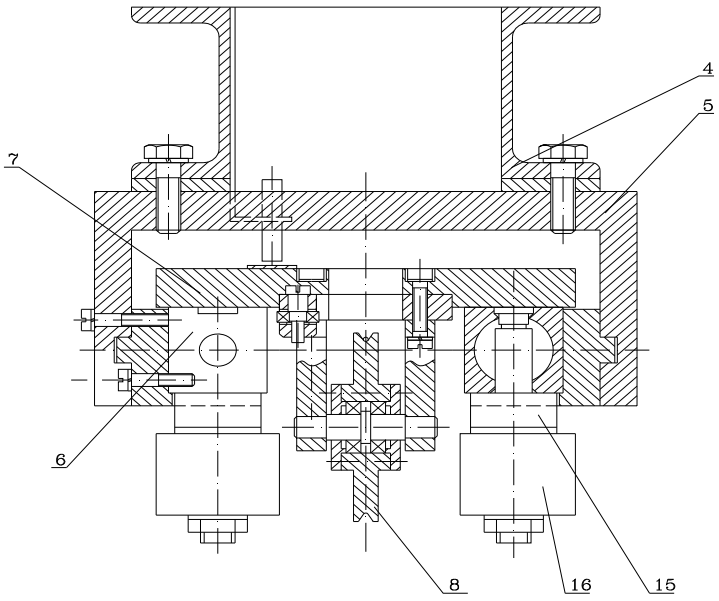


Рисунок 5 - Сборка плоской направляющей

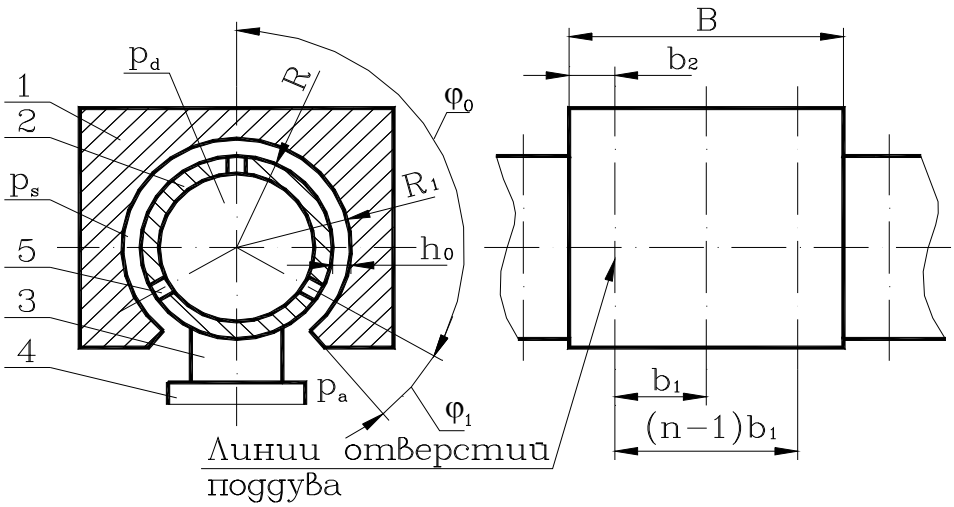


Рисунок 6 - Расчетная схема неполноохватывающей цилиндрической опоры

Для приведенной опоры разработана [7] упрощенная линейная модель, используя которую, можно на стадии проектирования направляющей определить все необходимые параметры, которые затем, при необходимости, уточняются экспериментальным путем.

Автоматизированные методы расчета газовых опор [8] позволяют на стадии проектирования определить основные параметры аэростатических направляющих для последующего использования при проектировании испытательной оснастки.

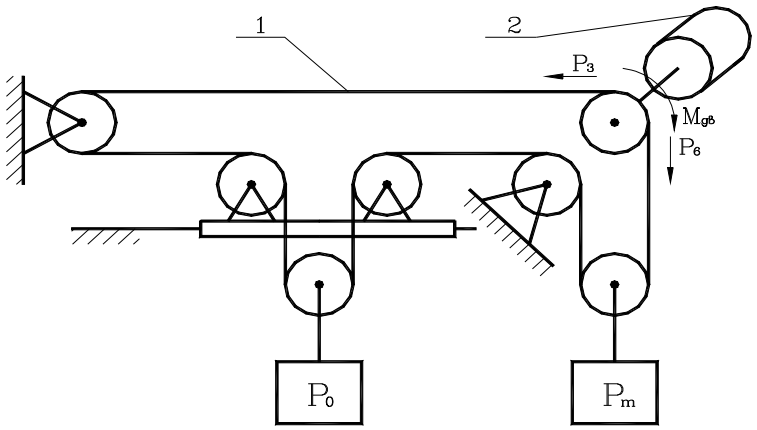


Рисунок 7 - Схема трособлочной системы с принудительным движением троса

Компенсация сил и моментов сил трения, действующих в вертикальной плоскости, достигается за счет программно управляемого движения троса замкнутой трособлочной системы. Причем следует отметить, что движение может быть как одно направленным, так и возвратно-поступательным или колебательным. Схема трособлочной системы с принудительным движением троса приведена на рис. 7.

Замкнутая трособлочная петля 1 приводится в движение электроприводом 2. При вертикальном перемещении обезвешиваемого объекта P_0 и противовеса P_m моменты сил сопротивления (трения) роликов преодолеваются энергией привода. Включение привода раскрытия штанги происходит в момент движения троса системы, после чего привод движения троса может отключаться.

В ходе исследований действие указанных методов рассматривалось как по отдельности, так и совместно. Полученные результаты можно в дальнейшем использовать при проектировании испытательной оснастки для штатных испытаний различных механических систем космических аппаратов.

Библиографический список:

1. Опоры скольжения с газовой смазкой / Под общ. ред. С. А. Шейберга. М.: Машиностроение, 1969. – 336 с.
2. Проектирование металлорежущих станков и станочных систем: Справочник-учебник. В 3-х т. Т. 2. Ч. 1. Расчет и конструирование узлов и элементов станков / А. С. Проников, Е. И. Борисов, В. В. Бушуев и др.; Под общ. ред. А. С. Проникова. – М.: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана: Машиностроение, 1995. – 371 с.
3. Пуш В. Э. Конструирование металлорежущих станков. М.: Машиностроение, 1977. – 390 с.
4. Пешти Ю. В. Газовая смазка: Учебник для вузов. – М.: Изд-во МГТУ, 1993. – 381 с.
5. Детали и механизмы металлорежущих станков / Д. Н. Решетнев, В. В. Каминская, А. С. Липидус и др.; Под общ. ред. Д. Н. Решетнева. Т. 1. М.: Машиностроение, 1972. – 664 с.
6. Прецизионные опоры качения и опоры качения с газовой смазкой: Справочник/ С. В. Пинегин, А. В. Орлов, Ю. Б. Табачников. – Машиностроение, 1984. – 216 с. (Основы проектирования машин).
7. Ручкин Л. В., Нестеров А. Р., Ручкина Н. Л. Линейная модель неполноохватывающей аэростатической опоры / Материалы Всероссийской НТК

“Перспективные материалы, технологии, конструкции, экономика”: Сб. науч. тр.– Красноярск: ГАЦМиЗ, 2003, С.216-217.
8. Ручкин Л. В., Титаренко П. Е. Система автоматизированного расчета аэростатических направляющих / Перспективные материалы, технологии, конструкции, экономика: Сб. науч. тр./ Под общ. ред. В. В. Стацуры; ГУЦМиЗ, Красноярск, 2005, Вып. 10, Ч. I, С. 223 – 224.

УДК 630*36(075.8)

В.А. Лозовой
Ю.С. Пугач

ВЛИЯНИЕ ПРИРОДНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ФАКТОРОВ НА ПРОЦЕСС РАСКРЯЖЕВКИ СЛЕШЕРНЫМИ ЛИНИЯМИ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный аэрокосмический университет им. М.Ф. Решетнева»
г. Красноярск

Механическая обработка древесины пилением круглыми пилами получила большое распространение, в том числе и на первичной обработке древесного сырья. Традиционно обработка производится на поточных линиях для раскряжевки с продольной или поперечной подачей древесных хлыстов или полухлыстов. Для достижения высокой производительности используются слешерные линии с поперечным надвиганием на стационарно установленные пильные диски диаметром от 800 до 2000 мм. При скорости надвигания от 0,2 до 0,35 м/с. Скорости резания обычно до 100 м/с [1] .

Опираясь на опыт прошлых лет, а также опыт Канады и США хлыстовая заготовка крупномерного древесного сырья неизбежный вариант лесозаготовок для обеспечения высокого процента выхода древесины и комплексности использования. При этом необходимы раскряжевочные поточные линии высокой производительности нового поколения. Естественно - это раскряжевочные комплексы на базе многопильных раскряжевочных установок. Они широко используются практически во всех многолесных странах. Разница в конструкциях объясняется прежде всего размерами древесного сырья вывозимого с лесосеки.

При пилении древесины важно соблюдать соотношение скоростей надвигания и резания. Что определяется кинематическим соотношением при пилении [2]. При нарушении кинематического соотношения при пилении, параметры которого определяют рабочие режимы пиления, происходят различные нежелательные явления, в числе которых имеет место заклинивание пильных дисков, но нарушение режимов резания не единственная причина заклинивания пильных дисков . При выполнении раскряжевки хлыстов на слешерных или триммерных линиях происходит явление заклинивания пильных дисков при пилении, которое часто называют «бичом слешерных установок» [3].Это явление носит характер изгибных поперечных деформаций хлыстов, которые приводят к смыканию стенок пропила.

Технологический процесс лесозаготовительного предприятия начинается с центральной операции – раскряжевки хлыстов и получения сортиментов [4].

Для получения качественного древесного сырья и высокого выхода древесины в таежной зоне, к которой относятся леса красноярского края, необходимо обеспечить раскряжевку хлыстов с применением программных

методов. Все раскряжевочные потоки на базе многопильных установок СТИ-1,СТИ-2,СТИ-3,СЛ-4,ЛО-105,Раума Репола и др. страдали от заклинивания пильных дисков. Все лесозаготовительные предприятия имели опыт борьбы и принятия технических решений для исключения или значительного снижения числа заклинивания пильных дисков при раскряжевке. Но не было единого подхода к решению данной проблемы. В восьмидесятых годах явление заклинивания было объяснено с точки зрения взаимодействия гибких хлыстов с пильными дисками [5] на кафедре ТОЛЗ СибГТУ.

На качество и выход деловой древесины при раскряжевке на слешерных линиях влияют следующие факторы и характеристики предмета труда [2]:

- ✓ основные пороки, образующиеся при росте дерева (закомелистость, гниль, кривизна ствола, и др.);
- ✓ геометрические характеристики (длина, диаметр как функция длины, сбежистость как функция длины);
- ✓ воздействие механизмов и оборудования (сколы, отщепы, разрывы недопила, косорезы) - результат заклинивания пильных дисков;
- ✓ методы поперечного раскроя в процессе первичной обработки.

Анализ литературных источников [3,4,5,6]:

-технология, основанная на хлыстовой вывозке древесного сырья в нашей стране, является традиционной. Сортиментная заготовка, как альтернативная (конкурирующая) технология развивается в соответствии с природно-производственными условиями лесозаготовительных зон и зависит от наличия высокопроизводительных комплексов оборудования для лесосечных работ, глубины переработки древесного сырья, концентрации перерабатывающих химико-механических производств, развитости автодорожной сети и объемов заготовок предприятий ;

-моделирование технологического процесса лесозаготовительных работ получило в последние годы широкое развитие с применением методов оптимизации технико-экономических и отдельных технических параметров. В частности разработаны схемы оптимизации вместимостей складов древесного сырья и лесопродукции, компоновки систем лесосечных машин и лесообрабатывающих линий, транспортных операций. Основой моделирования технологических процессов является аппарат теории вероятностей, математической статистики, теории надежности, имитационное моделирование в сочетании с непосредственными наблюдениями и измерениями размерно-качественных характеристик предмета труда, параметров потоков древесного сырья в производственных условиях ;

-изучению размерно-качественных характеристик предмета труда первичной переработки древесины посвящено большое количество работ, достигнуты результаты, которые уже на данном этапе технического развития лесопромышленного комплекса используются на практике. Создана теоретическая база автоматического контроля за качеством продукции. Исследования размерно-качественных характеристик предмета труда показали, что это неотъемлемая часть комплекса задач, при широкой автоматизации технологического процесса ;

-непосредственно исполнительным технологиям и оборудованию лесозаготовительных предприятий также посвящено значительное число работ, которые решают частные вопросы: для линий с поперечной подачей решается проблема расстановки пил, проблема заклинивания пильных дисков при раскряжевке, проблемы компоновки линий на базы существующих агрегатов и блоков ;

-«узким местом» в установках с поперечным перемещением хлыста, несмотря на многочисленные исследования, было и остается заклинивание пильных дисков при раскряжевке хлыстов. Подтверждением этому служит последняя линия с поперечной

подачей, рекомендованная к серийному производству – ЛО-105, в состав которой входят выдвижные пильные блоки, предназначенные для поперечной распиловки и вывода пил из пропила при заклинивании пильного диска ;

-в поточных линиях для первичной переработки древесины используются в основном высокопроизводительные круглопильные раскряжевочные агрегаты различных типов: балансирные, и маятниковые; которые в свою очередь подразделяются на пильные агрегаты: а) ось вращения пильного диска располагается над плоскостью перемещения предмета труда; б) ось вращения пильного диска располагается под плоскостью перемещения хлыстов. Т.е. пильные агрегаты с верхним и нижним положением пильного диска. При этом не обнаружено рекомендаций по применимости вышеуказанных установок в процессе проектирования и выбора технологических схем линий для первичной обработки древесины. По непосредственному влиянию упругих характеристик хлыстов на процесс заклинивания пильных дисков на слешерных установках установлено:

-упругие деформации хлыстов при раскряжевке на агрегатах типа “слешер” имеют направление зависящее от кинематического угла встречи.

-каждый хлыст при раскряжевке на установках типа “слешер” потенциально предрасположен (в силу конструктивных особенностей раскряжевочных механизмов) к упругим деформациям и смыканию стенок пропила при недопиле h.

-рекомендации по углу наклона слешерного стола в пределах 10^0 -15^0 не уменьшают степени риска заклинивания пильных дисков. Угол в 10^0-15^0 смещает диаметры сечений наиболее предрасположенных к заклиниванию в сторону увеличения.

-наиболее благоприятным направлением надвигания пильного диска на хлыст или хлыста на диск (с точки зрения заклинивания пильных дисков является сверху вниз, что подтверждается производственным опытом. Наиболее нежелательным направлением надвигания на свободно лежащий хлыст является надвигание с низу вверх.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В соответствии с вышеизложенным обзором теоретических и экспериментальных исследований нами дополнительно определены потенциальные точки контакта торцов хлыстов с пильным диском при углах наклона слешерных «столов» от 15 до 60 град. Проведено теоретическое обоснование процесса контактирования стенок пропила с пильным диском, определены максимальные изгибные деформации хлыстов и углы поворота поперечных сечений торцов сортиментов в процессе пиления. Выработаны рекомендации по параметрам слешерных установок, которые , на наш взгляд, исключат заклинивания пильных дисков:

1.Просветы между фермами слешерных установок должны быть «зашиты» .

2.Превышение несущих цепей поперечного транспортера надвигания над плоскостью «зашивки» для крупных и средних хлыстов таежной зоны красноярского края при угле наклона слешерных ферм 10-15 град. не должно превышать 35 – 25 мм.соответственно.

3.Угол наклона слешерных ферм для ухода из зоны постоянного риска заклинивания необходимо увеличить до 45 - 60 град. ,что приближает процесс пиления к пилению с верхним расположением пильного вала. При этом, по рекомендациям работы [6], возможно кардинальное изменение конструкции слешерной установки .

4.При раскряжевке мелкотоварных хлыстов или полухлыстов рекомендуются фермы поперечного транспортера надвигания с углом наклона к горизонту 45 – 60 град. с размещением пильных установок над фермами (над вершинной частью ферм)

что обеспечит расположение пильных валов над плоскостью надвигания хлыстов и беззажимное пиление [7].

Библиографический список:

1. Воевода Д.К. Оборудование лесных складов: Учебник для вузов. М.,Лесная промышленность,1984.-224 с.
2. Петровский, В. С. Оптимальная раскряжевка лесоматериалов [Текст] / В. С. Петровский. – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Лесн. пром-сть, 1989. – 288 с.
3. Кондратьев, В. И. Пути повышения производительности раскряжевочной линии с поперечной подачей хлыстов [Текст] / В. И. Кондратьев // Лесоэксплуатация и лесосплав: экспресс-информация ВНИПИЭИлеспром. – М., 1979. – Вып. 14. – С. 1-25.
4. Лозовой, В. А. Влияние гибкости хлыстов на динамические характеристики лесозаготовительных машин / В. А. Лозовой: сб. тез. докл. научно-практической конференции. – Красноярск, 1978. – С. 17-18.
5. Лозовой, В. А. Теоретические и экспериментальные исследования взаимодействия хлыстов с рабочим оборудованием лесных машин: автореф. дис. … канд. техн. наук: 052101 / В. А. Лозовой. – М.: МЛТИ, 1982. – 18 с.
6. Лозовой, В. А., Миронов, Г. С. О влиянии упругих свойств хлыстов на процесс их раскряжевки на слешере / В. А. Лозовой, Г. С. Миронов: сб. тез. докл. краевой научно-технической конференции. – Красноярск, 1986. – С. 2.
7. Лозовой В. А. Аналитическое определение упругих деформаций хлыста при раскряжевке на слешерных линиях / В. А. Лозовой // Лесоэксплуатация: межвуз. сб. научн. тр.. – Красноярск: СибГТУ, 1998. – С. 107-110.

УДК 620.197

А.Е. Михеев
Д.В. Раводина
Т.Т. Ереско
В.А. Левко

ОБРАБОТКА АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА 01570 МИКРОДУГОВЫМ ОКСИДИРОВАНИЕМ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный аэрокосмический университет им. М.Ф. Решетнева»
г. Красноярск

Для алюминиевого сплава 01570 апробирована технология микродугового оксидирования (МДО). Представлены результаты исследования толщины МДО покрытий на образцах сплавов АМг6 и 01570.

В производстве ракетно-космической техники (РКТ) широко используется алюминиевый сплав АМг6. Однако повышенные требования к перспективным образцам РКТ выявляют необходимость разработки новых алюминиевых сплавов, обладающих повышенными прочностными характеристиками.

Перспективным решением этой задачи является легирование алюминиевых сплавов переходными металлами. Результаты экспериментов, проведенных в конце 70-х годов XX века в ИМЕТ им. А.А.Байкова показали, что легирование скандием алюминиево-магниевых сплавов значительно повышает их прочностные свойства без ущерба для остальных эксплуатационных характеристик [1]. Легированный скандием сплав получил марку 01570. Химические составы и сравнительные характеристики сплавов представлены в таблицах 1 и 2 соответственно [2-3].

Таблица 1 - Химические составы сплавов АМг6 и 01570

Сплав	Массовая доля элементов, %									
	Mg	Mn	Sc	Zr	Cu	Zn	Fe	Si	Be	Al
АМг6 (1560)	5,8-6,8	0,5-0,8	—	0,02-0,10	0,1	0,2	0,4	0,4	0,0002-0,005	основа
01570	5,3-6,3	0,2-0,6	0,15-0,35	0,05-0,15	0,1	0,1	0,3	0,2	0,0002-0,005	основа

Таблица 2 - Сравнительные характеристики сплавов АМг6 и 01570

Характеристики	Сплав АМг6	Сплав 01570
Система сплава	Al-Mg	Al-Mg-Sc
Плотность γ, гм/см^3	2,64	2,65
Модуль упругости Е, МПа	69580	69580
Предел прочности $\sigma_в$, МПа	313	370…390
Предел текучести $\sigma_{0,2}$, МПа	157	245
Относительное удлинение δ, %	15	15

По данным, представленным в таблице 2 наблюдается, что сплав 01570 существенно превосходит сплав АМг6 по таким характеристикам, как предел прочности и предел текучести.

Изделия из алюминиевых сплавов эксплуатируются в экстремальных условиях, поэтому для дополнительного повышения их износо- и коррозионной стойкости применяются различные поверхностные методы формирования защитных покрытий. К таким методам относится микродуговое оксидирование(МДО).

МДО металлов проводится в водных, так и в неводных растворах электролитов и расплавах солей при наложении высокого напряжения, которое приводит к возникновению микроплазменных пробоев на поверхности анода в виде искровых разрядов или дуги. Температура в области пробоя поднимается до нескольких тысяч градусов, а давление – до 100 МПа, что сопровождается высокой напряженностью электрического поля. Такое воздействие высокого напряжения приводит к возникновению и протеканию высокоэнергетических электро- и термодинамических реакций, а также к термическому разложению компонентов электролита.

Покрытия, получаемые микродуговым оксидированием, являются высокотемпературной модификацией оксида алюминия, состоящей из α-Al_2O_3 (корунда) с микротвердостью до 24 ГПа и γ-Al_2O_3 с микротвердостью до 14 ГПа [4].

Технологические режимы микродугового оксидирования для сплава АМг6 и исследование свойств полученных покрытий ранее опубликованы в работах [5,6].

В связи с тем, что алюминиевый сплав 01570 рекомендуется к применению при изготовлении современных образцов ракетной техники, становится актуальным использование технологии МДО для формирования покрытий и отработки режимов процесса для данного сплава с целью изучения свойств модифицированной поверхности.

На первом этапе экспериментальные исследования проводились на образцах алюминиевых сплавов АМг6 и 01570, при таких постоянных технологических параметрах процесса, как плотность тока (I = 40 А/дм^2) и время оксидирования (t = 15

мин.). Переменнымтехнологическим параметром являлось соотношение катодной и анодной составляющих силы тока (Iк/Iа).

На рисунке 1 представлена фотография образцов с МДО покрытием.

а *б*

а – сплав 01570; *б* – сплав АМг6

Рисунок 1 - Образцы сплавов после процесса МДО в стандартном электролите:

Результаты внешнего осмотра полученных образцов и исследование толщины их покрытий показали следующее:

- при повышении значения Iк/Iа от 0,8 до 1,0 толщина покрытий на образцах сплава АМг6 увеличилась с 29 мкм до 86 мкм, на образцах сплава 01570 – с 25 мкм до 70 мкм.

- при дальнейшем повышении значения Iк/Iа от 1,0 до 1,2 рост толщины покрытий на образцах сплавах АМг6и 01570сначала замедляется, а потом практически останавливается.

С увеличением толщины покрытий наблюдалось увеличение шероховатости поверхностей образцов обоих сплавов, что можно объяснить осаждением оксидов из состава электролита.

Для более подробного изучения свойств модифицированной поверхности алюминиевого сплава 01570 необходимо проведение дальнейших исследований.

Библиографические ссылки:

1. Филатов, Ю.А. Исследование и разработка новых высокопрочных свариваемых сплавов на основе системы Al-Mg-Sc и технологических параметров производства из них деформированных полуфабрикатов: автореферат дис. д-ра техн. наук. М., 2000. – 50 с.
2. Калинина, Н.Е. Повышение механических свойств при изменении структуры способом наномодифицирования алюминиевых сплавов / Н.Е.Калинина, Е.А.Джур, З.В.Вилищук и др. // Вісник Дніпропетровськогоуніверситету. 2013, №16. С. 30. ISSN №9125 0912
3. Бронз, А.В. Сплав 01570С – материал для герметичных конструкций перспективных многоразовых изделий РКК «Энергия» / А.В.Бронз, В.И.Ефремов, А.Д.Плотников и др. // Космическая техника и технологии. 2014, №4 (7). С. 63-64.
4. Суминов, И.В. Микродуговое оксидирование: теория, технология, оборудование / И.В. Суминов, А.В. Эпельфельд, В.Б. Людин и др. // М., 2005. - 368 с.
5. Трушкина, Т. В. Исследование шероховатости МДО покрытий на алюминиевых сплавах / Т. В. Трушкина, А. В. Гирн, Е. В. Вахтеев и др. // Решетневские чтения: материалы XVI Междунар. науч. конф. ;Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т. – Красноярск, 2012. – Ч. 1. – С. 37–39.
6. Трушкина, Т. В. Повышение эксплуатационных свойств поверхностей элементов конструкций из алюминиевых сплавов с помощью покрытий при производстве летательных аппаратов / Т. В. Трушкина, А. В. Гирн, Д. В. Раводина // Материалы V молод.науч.-техн. конф. «Инновационный арсенал молодежи», ФГУП «Арсенал» им. Фрунзе. – СПб., 2014. – С. 111–114.

УДК 676.024.6

Р.А. Марченко
В.И. Шуркина
В.А. Лиханов

АНАЛИЗ КАЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАЗЛИЧНЫХ ВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ БЕЗНОЖЕВОМ СПОСОБЕ ОБРАБОТКИ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный аэрокосмический университет им. М.Ф. Решетнева»
г. Красноярск

В статье проанализированы качественные показатели различных волокнистых материалов безножевым способом, и экспериментально подтверждена целесообразность использования для размола вторичного волокнистого сырья безножевой установки типа «струя-преграда».

Известно, что вид волокнистого сырья влияет на время обработки и его качественные показатели. В связи с этим при работе на эксперементальной установке «струя-преграда» нами была поставлена задача, исследовать влияние безножевого способа размола на эффективность разработки различного волокнистого материала (бисульфитная небеленая целлюлоза – полуфабрикат ООО «Енисейский ЦБК», оборотный брак ООО «Енисейский ЦБК» и макулатура марки МС–1А – полуфабрикат ООО «Красноярская Бумажная Мануфактура») с учетом комплексного параметра эффективности процесса размола [1, 2].

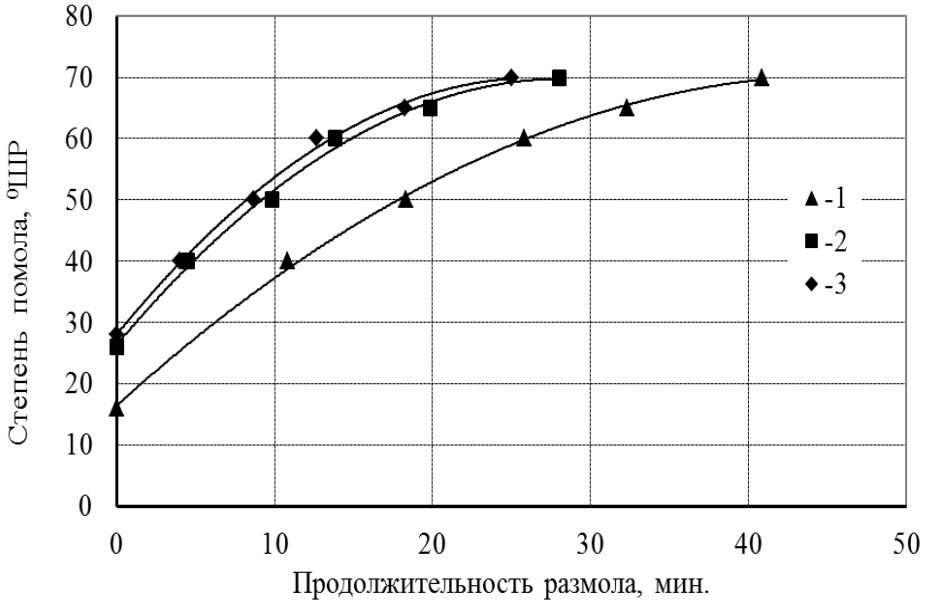
На рисунке 1 представлена зависимость степени помола от продолжительности размола для различных волокнистых материалов. Эксперименты показали, что вторичный волокнистый материал при прочих равных условиях (концентрации массы 2%, скорость истечения струи волокнистой суспензии – 240 м/с, скорость вращения подвижной преграды – 3,67 м/с, количество лопастей 24 шт.) обрабатывается быстрее чем волокна еще не прошедшие стадию обработки.

Более короткое время обработки вторичного волокна можно объяснить тем, что вторичные волокна уже претерпевали стадию обработки и имеют более разработанную поверхность по сравнению с волокнами целлюлозы ранее не подвергавшимся процессу размола. Некоторую интенсификацию в процессе обработки оборотного брака по сравнению с макулатурой можно объяснить тем, что данные виды волокнистого сырья в своей основе имеют различный композиционный материал, что в свою очередь может повлиять на их качественные показатели.

На рисунке 2 представлены зависимости основных бумагообразующих показателей волокнистой массы и физико-механических характеристик готовой продукции в зависимости от степени помола при прочих равных условиях обработки для различного вида волокнистого материала.

Как видно из рисунка качественные зависимости изменения значения бумагообразующих показателей имеют одинаковый характер. Что касается количественных зависимостей, то здесь видно, что вид размалываемой массы оказывает существенное влияние на их значения. Так например, при обработке целлюлозы значения таких бумагообразующих показателей обрабатываемого волокна

как: длина волокна, водоудерживающая способность, внешняя удельная поверхность волокна, межволоконные сил связи являются значительно выше, чем при обработке оборотного брака и макулатуры. Предположительно это объясняется тем, что вторичное волокно которое уже претерпевало стадию размола и сушки поэтому является более коротким, менее прочным и с меньшей способностью к набуханию.

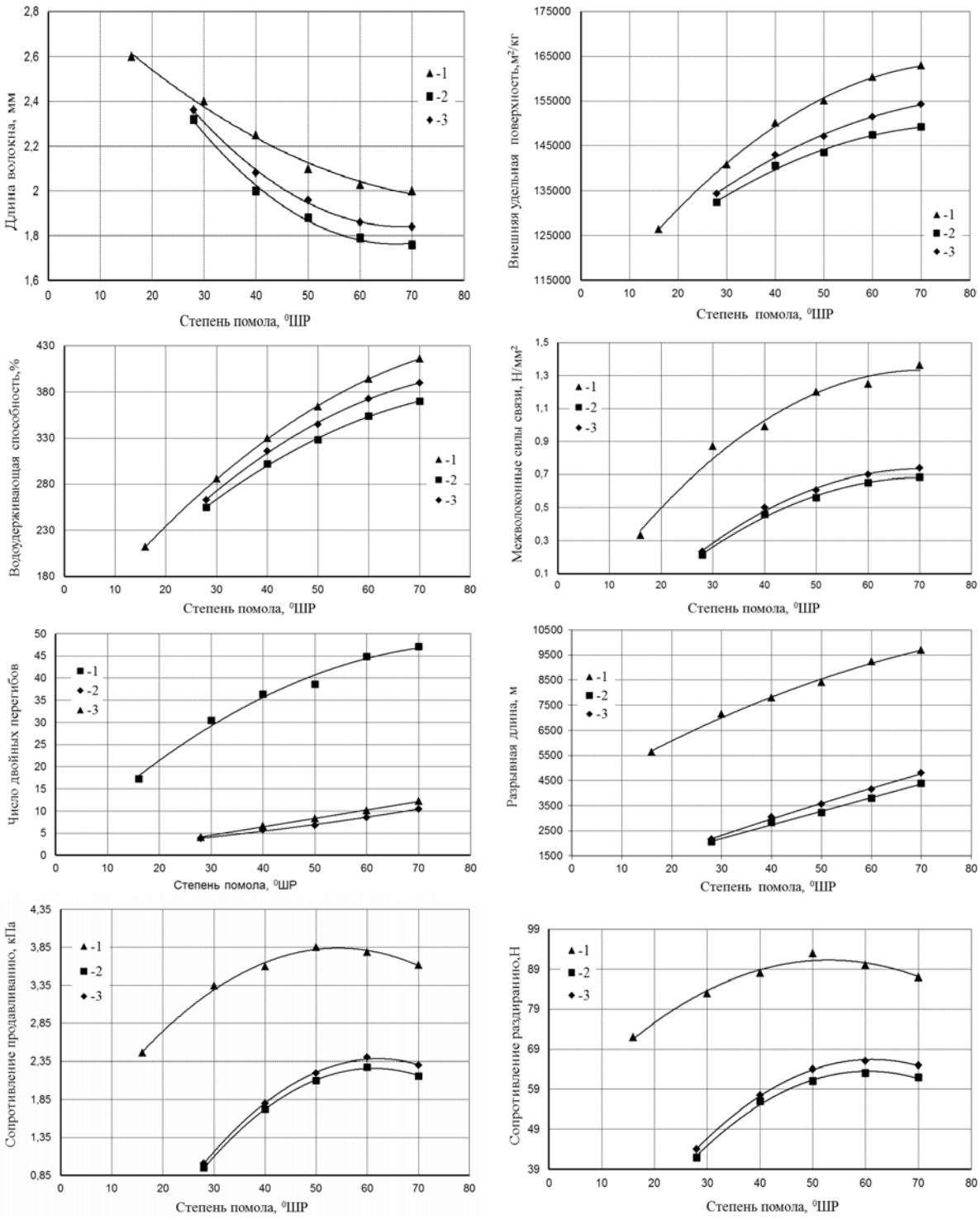


1 - бисульфитная небеленая целлюлоза; 2 – макулатура; 3 - оборотный брак

Рисунок 1 – Зависимость степени помола от продолжительности размола различного волокнистого материала

Таким образом, в зависимости от вида волокнистого материала можно получить массу имеющую различные бумагообразующие показатели волокна, которые как известно влияют на процесс листообразования бумажного полотна, а качество последнего в свою очередь определяется физико – механическими характристиками [3, 4].

Качественные зависимости изменения значения физико - механических показателей имеют схожий характер. Что касается количественных зависимостей, то здесь видно, что вид размалываемой массы оказывает существенное влияние на их значения. Так например при обработке целлюлозы значения таких физико – механических показателей готовых отливок как: разрывная длина, число двойных перегибов, сопротивление продавливанию, сопротивление раздиранию являются значительно выше, чем при обработке оборотного брака и макулатуры. Это связано с тем, что физико-механические показатели готовых отливок в основном зависят от прочности и гибкости отдельных волокон, а также от длины размалываемых волокон, внешней удельной поверхности и от сил связи между волокнами, а перечисленные бумагообразующие показатели выше у волокон целлюлозы [4].



1 - бисульфитная небеленая целлюлоза; 2 – макулатура; 3 - оборотный брак.

Рисунок 2 – Основные бумагообразующие показатели волокнистой массы и физико-механические характеристики готовой продукции в зависимости от степени помола различного волокнистого материала

Таким образом, продолжительность размола вторичного волокнистого сырья безножевым способом при прочих равных условиях сравнима с временем, затрачиваемым на размол ножевым способом. Это объясняется подбором оптимальных параметров

работы безножевой установки (скорость истечения струи, расстояние от насадки до преграды и др.) позволившим приблизиться к ножевым установкам по производительности и приросту градуса помола.

Библиографический список

1. Алашкевич Ю. Д., Гидродинамические явления при безножевой обработке волокнистых материалов: монография / Ю.Д. Алашкевич, Н.С. Решетова, А.И. Невзоров, А. П. Барановский. - Красноярск, 2004. – 80 с.
2. Марченко Р. А., Интенсификация безножевого размола волокнистых полуфабрикатов / Р.А. Марченко, В.И. Шуркина, Ю.Д. Алашкевич // Хвойные бореальной зоны. – 2014. – Т. 32, №1-2. – С. 74 – 77.
3. Марченко, Р.А. Сравнительный анализ качественных показателей вторичного волокнистого сырья от способа размола / Р.А. Марченко, Ю.Д. Алашкевич // Новые достижения в химии и химической технологии растительного сырья: материалы VI Всерос. конф. – Барнаул: АГУ, 2014. – С. 390 – 392.
4. Марченко, Р.А. Сравнительный анализ качественных показателей вторичного волокнистого материала от способа размола / Р.А. Марченко, В.И. Шуркина, Ю.Д. Алашкевич // Новейшие достижения в области инновационного развития в химической промышленности и производстве строительных материалов: материалы междунар. науч.-техн. конф. – Минск: БГТУ, 2015. – С. 424 – 428.

УДК 676.024.6

Р.А. Марченко
Т.А. Лошкарева
Ю.Д. Алашкевич

АНАЛИЗ СПОСОБА ОБРАБОТКИ МАКУЛАТУРНОЙ МАССЫ НА КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ГОТОВОЙ ПРОДУКЦИИ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный аэрокосмический университет им. М.Ф. Решетнева»
г. Красноярск

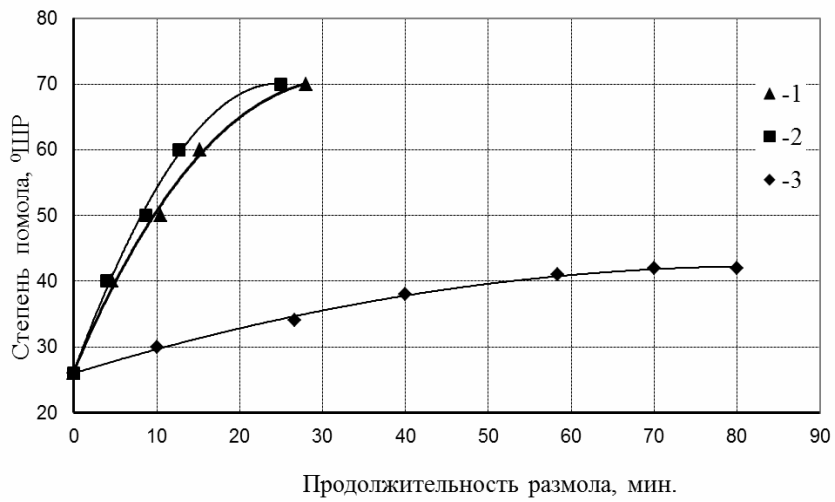
В статье рассмотрено влияние различных способов обработки макулатурной массы на качественные показатели готовой продукции.

В настоящее время в промышленности для роспуска волокон макулатуры в основном используются гидроразбиватели [1]. Для окончательного разделения комочков и пучков волокон макулатуры применяются дисковые и конические мельницы, использующие ножевое воздействие на вторичное сырье, волокна подвергаются рубке, что приводит к снижению прочностных показателей готовой бумаги и снижению процента вторичного сырья в общей композиции вырабатываемой бумаги. Безножевые же машины обеспечивают более мягкий, щадящий режим обработки, что особенно важно для вторичных волокон [2].

В связи с этим нами была поставлена задача, исследовать влияние способа размола на эффективность разработки макулатурного сырья. При безножевом способе размола использовали установку «струя - преграда» и лабораторный гидроразбиватель, а ножевом – полупромышленную дисковую мельницу.

Для выявления интенсивности помола при использовании различных способов

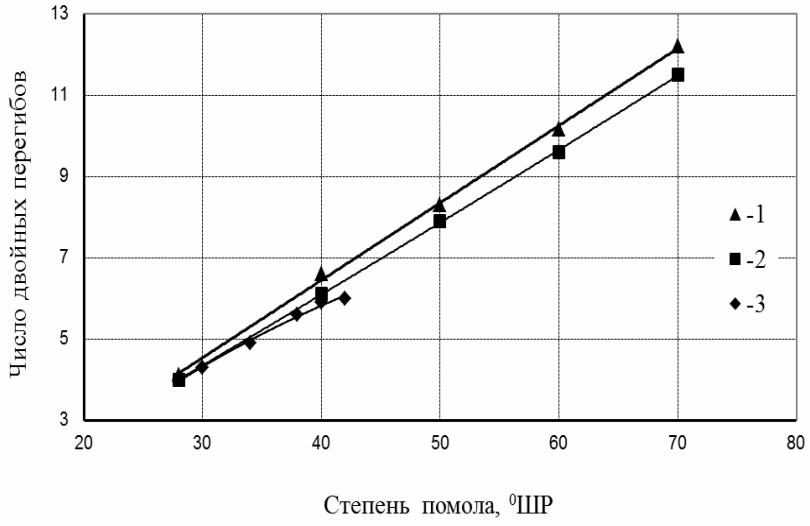
обработки волокна, на рисунке 1 представлен график зависимости прироста степени помола от времени обработки.



1 – установка «струя - преграда»; 2 – дисковая мельница; 3 – гидроразбиватель.

Рисунок 1 – Зависимость прироста степени помола от времени обработки полуфабриката.

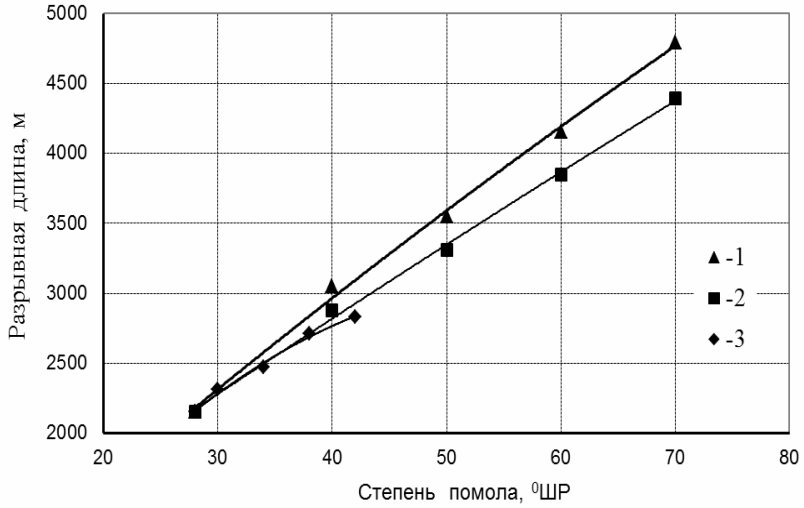
Как видно из рисунка качественные зависимости изменения степени прироста по шкале Шоппер-Риглера для трех способов обработки носят идентичный характер. Наименьшая интенсивность размола наблюдается при использовании гидроразбивателя. Более интенсивный прирост степени помола зафиксирован при ножевой обработке волокна и при использовании установки безножевого размола «струя-преграда». Разность интенсивности помола при использовании двух последних способов незначительна, а качественные показатели помола выше на экспериментальной установке «струя-преграда».



1 – установка «струя - преграда»; 2 – дисковая мельница; 3 – гидроразбиватель.

Рисунок 2- Зависимость числа двойных перегибов от степени помола.

Для определения физико-механических характеристик готовых изделий на рисунке 2 и 3 представлены графики зависимости числа двойных перегибов и разрывной длины образцов в зависимости от степени помола по шкале Шоппер-Риглера.



1 – установка «струя - преграда»; 2 – дисковая мельница; 3 – гидроразбиватель.

Рисунок 3 – Зависимость разрывной длины от степени помола.

Как видно из рисунков зависимости носят линейный характер. Независимо от способа размола наблюдается рост физико-механических показателей при увеличении степени помола. При использовании гидроразбивателя для роспуска волокнистой суспензии исследования можно было провести до 45^{o}ШР. Для способов обработки волокна в ножевых машинах и безножевой установке «струя преграда» изменение физико-механических характеристик надблюдалось до прироста степени помора по Шоппер-Риглеру до 70^{o}.

Выводы:

Продолжительность размола вторичного волокнистого сырья безножевым способом при прочих равных условиях сравнима с временем, затрачиваемым на размол ножевым способом. Это объясняется подбором оптимальных параметров работы безножевой установки (скорость истечения струи, расстояние от насадки до преграды и др.) позволившим приблизиться к ножевым установкам по производительности и приросту градуса помола.

Качественные показатели процесса размола (межволоконные силы связи, разрывная длина, сопротивление продавливанию и др.) при безножевом способе размола более высокие по сравнению с размолом ножевым способом. Так как в ножевых размалывающих машинах волокна подвергаются сильному рубящему воздействию без значительного фибриллирования, что в конечном итоге приводит к снижению прочностных показателей готовой продукции.

Библиографический список

1. Научные основы переработки макулатуры [Текст] / Д. А. Дулькин [и др.] // Лесной журнал. – 2005. – № 1-2. – С. 105 – 121.
2. Марченко, Р А. Сравнительный анализ качественных показателей вторичного волокнистого сырья от способа размола / Р. А. Марченко, Ю. Д. Алашкевич // Новые достижения в химии и химической технологии растительного сырья: материалы VI Всерос. конф. – Барнаул: АГУ, 2014. – С. 390 – 392.
3. Марченко, Р.А. Сравнительный анализ качественных показателей вторичного волокнистого материала от способа размола / Р.А. Марченко, В.И. Шуркина, Ю.Д. Алашкевич // Новейшие достижения в области инновационного развития в химической промышленности и производстве строительных материалов: материалы междунар. науч.-техн. конф. – Минск: БГТУ, 2015. – С. 424 – 428.

УДК 676.1.054.1

Е.Н. Аёшина
В. Р. Цыренова

ВЛИЯНИЕ СПОСОБА КУЛЬТИВИРОВАНИЯ НА РОСТ КУЛЛУСНОЙ ТКАНИ *ROSA TEA*

ФГБОУ ВО « Сибирский государственный аэрокосмический университет им. академика М.Ф. Решетнева »
г. Красноярск

В статье представлены результаты исследования роста каллусных тканей при разных типах культивирования. Было установлено влияние инертного носителя на рост и структуру клеточной биомассы Rosa Tea.

Объектом данного исследования являлась роза чайная *[Rosa Tea],* кустарниковое растение высотой от 0,4 м до 1, 2 м и больше. Шипы на побегах у них редкие. На молодых побегах вначале они красноватые, даже прозрачные. Кора на побегах с солнечной стороны красноватая, как и молодые листья с нижней стороны, а верх – блестящий и покрыт восковым налетом, впрочем, у разных сортов они разные: у одних сортов – нежные, у других – толстые, у третьих – кожистые матовые или блестят и т. д.

Цветки чайной роз имеют очень богатую палитру окраски лепестков: от однотонной – красной, белой, желтой до многоцветовой. Например, середина цветка почти белая, чуть лимонная, середина – насыщенно желтая, а края лепестка – черно-красные. А вот тыльная сторона – пепельно-белая. При этом количество лепестков в цветке может колебаться от 20 до 70, а в некоторых случаях и больше. Надо сказать, что розы чайные цветут намного дольше, чем ремонтантные, иногда даже непрерывно, почти до самых заморозков на протяжении всего лета. Эти розы достаточно морозостойкие, переносят кратковременные морозы и более стойкие к грибным болезням и мучнистой росе. На основании выше сказанного данный вид перспективен для использования в озеленении городов Сибири.

Для выяснения влияния способов культивирования на процессы роста и соматического эмбриогенеза культуре ткани *Rosa Tea* была исследована динамика роста каллусной ткани при поверхностном культивировании на агаре и инертном носителе с периодическим омыванием ткани питательной средой.

Чувствительность клеток растений к механическому, осмотическому и

трофическому стрессам, а также к температуре, pH, давлению и к химически активным веществам существенно ограничивает выбор методов и инертного носителя для иммобилизации клеток растений.

Выбор пенополиуретана в качестве инертного носителя для выращивания тканей *Rosa Tea* был обусловлен существенными преимуществами этого материала. Это дешевизна, удобство манипулирования, возможность многократно использовать носитель. Пористость этого материала обусловливает хороший доступ веществ питательной среды к клеткам.

Культивирование *Rosa Tea*. проводили на инертном носителе (пенополиуретане) и агаре на питательной среде по Мурасиге и Скугу с добавлением гормонов 2,4-Д (0,2 мг/л) и кинетина (0,2/мг/л).

Результаты по динамике роста каллусных тканей при разных типах культивирования были статистически обработаны и аппроксимированы по методу наименьших квадратов с использованием стандартного пакета программ Excel.

Рост растительных клеток культивируемых на пенополиуретановых подложках отличался по сравнению с культурой на агаре. Наблюдалась более короткая лаг-фаза и более раннее вступление в фазу экспоненциального роста (12-15 сутки) и её большей продолжительностью. Увеличение клеточной биомассы в 10 раз происходило примерно на 22 сутки, затем рост замедлялся, и к 30 суткам культура выходила на стационарную фазу. Количество биомассы, полученной на пенополиуретане, в 1,2 раза больше, чем на агаре. Очевидно, что при культивировании на пенополиуретановых подложках улучшаются условия кислородного обмена и питательными элементами среды.

Библиографический список

1. Бутенко Р. Г. Биология клеток высших растений in vitro и биотехнологии на их основе: Учеб. пособие.– М.: ФБК-ПРЕСС, 1991. – 160с.
2. Бирюков В.С. Основы промышленной биотехнологии. М.: КолосС, 2004. – 296с.
3. Егорова Т.А. Основы биотехнологии: Учеб. пособие для высш. пед. учеб. заведений / Т. А. Егорова, С. М. Клунова, Е. А. Живухина. – М:. Издательский центр «Академия», 2003. – 208с.
4. Калашникова Е.А. Получение посадочного материала древесных, цветочных и травянистых растений с использованием методов клеточной и генной инженерии. Учебное пособие / Е.А. Калашникова, А.Р. Родин. – Москва, 2001. – 71с.
5. Клеточная инженерия Методическое пособие к лабораторно-практическим занятиям по биотехнологии. Сост. А.М. Смолин, 2011.- 52с. 6. Кузьмина Н.А. Культивирование меристем различных сортов роз in vitro. Естественные науки и экология: Ежегодник / Н.А. Кузьмина. О.А. Потапова. – Омск, 2000. вып. 5. – С. 38-39.
7. Особенности технологи выращивания розы (Rose) в культуре ткани / Под ред. Н.А. Акшиковой – М.: Колос, 2013. – 3с.
8. Павловская Н.Е., Введение в сельскохозяйственную биотехнологию: Учебное пособие / Н.Е., Павловская Л.В., Голышкин, Л.В. Голышкина, – Орел: Изд-во ОГСХА, 1998. – 204с.
9. Шевелуха В.С. Сельскохозяйственная биотехнология: Учеб./, В.С. Шевелуха, Е. А. Калашникова, С. В. Дегтярев – М.: Высшая школа, 1998. – 416с.

УДК 581.6:582.47:674.8

А.В. Семенович
О.А. Шапченкова
А.А. Анискина
С.Р. Лоскутов

ВЛИЯНИЕ СПОСОБА МОДИФИЦИРОВАНИЯ КОРЫ НА СОРБЦИЮ КАТИОНОВ Cr^{3+}, Cu^{2+}, Ni^{2+}, Pb^{2+}, Zn^{2+}

ФГБУН ФИЦ КНЦ СО РАН Обособленное подразделение Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск

Изучено влияние типа катализатора (кислотного или щелочного), используемого при модифицировании коры хвойных пород Сибири на сорбционную ёмкость сорбентов по отношению к катионам металлов. Показано, что максимальная сорбционная ёмкость сорбентов проявляется у коры всех пород модифицированной в присутствии щелочного катализатора.

Обзор литературы и наши ранние исследования показали [1], что кора хвойных древесных пород Сибири *Larixsibirica*Ledeb, *Pinussylvestris* L.,*Abiessibirica* L. – перспективное сырьё для изготовления сорбентов благодаря присутствию в составе фенольныхсоединений(конденсированныхтаннидов), целлюлозы, гемицеллюлоз, пектинов, камедей, белков, склонных к ионному обмену. Специфичные свойства фенольных соединений обусловлены взаимным влиянием атомов и атомных групп в их молекулах. Повышение электронной плотности в *орто*- и *пара*-положенияхα-кольца, происходящее в результате сопряжения неподеленной пары электронов атома кислорода -ОН группы с π-системой α-кольца способствует протеканию реакций по S_E механизму в ароматическом кольце, в число которых входит конденсация фенольных веществ с формальдегидом. Вместе с тем, под действием β-кольца возрастает полярность связи О–Н, что способствует её гетеролитическому разрыву с отщеплением протона H^+ и замещению атома водорода на атомы металлов по ионному механизму.

Особенности химического состава коры позволили применить к ней химическое модифицирование [2].Суть модифицирования заключается в переводе абсорбционно-активных соединений коры в водо-нерастворимое состояние, и/или их иммобилизация, а также в экстрагировании неактивных окрашивающих соединений.

Механизм модифицирования коры можно представить, как реакциюполиконденсации фенола с формальдегидом, закономерности которой известны [3].Основная функция катализатора –активация реагирующих молекул.В зависимости от природы катализатора в модифицированной коре образуются олигомеры различного строения.

При модифицировании коры в кислой среде образуется смесь соединенийлинейногостроения - фенолоформальдегидные новолачные олигомеры общей формулы (1),где n=4-8 [4]:

$$HOC_6H_4CH_2\text{-}[\text{-}C_6H_3(OH)CH_2\text{-}]_n\text{-}C_6H_4OH \qquad (1)$$

В процессе модифицирования коры в ароматические ядра или боковую цепь макромолекул олигомеров вводятся дополнительные кислородсодержащие функциональные группы (-ОН, -СООН, -СОН, -СО) [5]. Новолачные олигомеры не содержат в своей структуре реакционноспособных метилольных групп, не образуют

пространственных структур, имеют относительно высокую долю полярных фенольных ОН-групп в структуре молекулы, их молекулярная массадостигает 1300[6].

При модифицировании коры в щелочной среде при таких же мягких условиях (эквимолярные количества полифенолов и формальдегида (CH_2O), температура 50 °С, продолжительность 15 мин)в результате ряда реакций, образуются гидроксиметилфенолы, затем фенолоформальдегидные резольные олигомеры общей формулы (2), где n=2-5, m=4-10 [7]:

$$H[C_6H_2(OH)(CH_2OH)CH_2]_m[C_6H_3(OH)CH_2]_nOH \quad (2)$$

Резольные олигомерыотличаются высоким содержанием метилольных групп, невысокой молекулярной массой до 500. Термообработка сорбентовпри температуре 50 °С в течение 1 ч, а также хранение сорбента от 6 месяцев до года способствует усилению реакции поликонденсации и превращению резолов вполимеры пространственного строения.

Настоящее исследование посвящено подбору катализатора модифицирования коры способного улучшить эффективность модифицирования. Эффективность модифицированияоценивали по сорбционной ёмкости сорбентов по отношению к катионам Cr^{3+}, Cu^{2+}, Ni^{2+}, Pb^{2+}, Zn^{2+}. В качестве катализаторов применялисерную(0,3 % H_2SO_4) и азотную(0,3 % HNO_3)кислоты, гидроксид натрия (0,3 % NaOH).

Содержание CH_2Oопределяли фотометрическим методом на основе тест-комплекта «Формальдегид». Эксперименты по изучению сорбции катионов Cu^{2+}, Zn^{2+}, Cr^{3+}, Pb^{2+},Ni^{2+} из водных растворов с концентрациями 10 и 200 мг Me^{n+}/дм^{3}сорбентами проводили в статических условиях. Равновесную концентрацию металлов (Me^{n+}) в фильтратах (концентрация 10 мг/дм^3) и валовое содержание элементов в твердой фазе сорбентов (концентрация 200 мг/дм^3) определяли методом атомно-абсорбционной спектроскопии с использованием атомно-абсорбционного спектрометра МГА-915 (Россия). Величину сорбции Me^{n+}сорбентами из растворов,S_e, мг/г рассчитывали по формуле (3):

$$S_e = \frac{(C_0 - C_e)\cdot V}{g}, \quad (3)$$

где S_e– количествоMe^{n+}, поглощенного препаратом при равновесии, мг/г; C_o–концентрация Me^{n+} в исходном растворе, мг/дм^3; C_e–равновесная концентрация Me^{n+} в фильтрате, мг/дм^3; V–объем раствора соли Me^{n+} взятого для контактирования с сорбентом, дм^3; g–масса абсолютно сухой навески сорбента, г.

Сорбционная ёмкость сорбентов по отношению к выше названным катионам при концентрации 10 мг/дм^3 варьирует от 0,57 до 4,73 мг Me^{n+}/г, при концентрации 200 мг/дм^3– от 1,34 до 46,26 мг Me^{n+}/г. Модифицированная кора сосны извлекает катионы Me^{n+} из водных растворов в больших количествах по сравнению с корой лиственницы и пихты. Некоторые результаты определения величины сорбции катионов Me^{n+} из водных растворов с концентрациями 10 и 200 мг/дм^3 на примере модифицированной коры сосны представлены на рисунке.

Эффективность модифицирования коры в присутствии щелочного катализатора выше, чем в присутствии кислотных катализаторов. Во-первых, в большинстве случаев при использовании как катализатора NaOH в исследованных водах остаётся меньше CH_2O до 27,77 %, чем при применении кислотных катализаторов. Во-вторых, при использовании как катализатора NaOH сорбционная ёмкостьмодифицированной коры по отношению к катионам, извлекаемым из низко- и высококонцентрированных

растворов оказаласьвыше от 3,07 до 72,19 %, по сравнению с этим показателем для образцов, полученных при использовании кислотных катализаторов.

Кора, модифицированная в присутствии H_2SO_4 в большинстве случаев, оказалась более эффективным сорбентом по отношению к катионам Me^{n+}, её сорбционная емкость была выше при концентрации 10 мг/дм^{3}на 0,9-35,44 %, при концентрации 200 мг/дм^3–на 0,12-43,83 % по сравнению с этим показателем для образцов,модифицированных в присутствии HNO_3. Однако содержание CH_2O в сточных и промывных водах в случае использования при модифицировании коры H_2SO_4 оказалось выше до 2 % по сравнению с содержанием CH_2O в водах, образовавшихся после обработки в присутствии HNO_3. Образование CH_2O происходит в результате реакции фрагментации фенилкумарановых и арилглицерин-β-арилэфирных структур лигнина, сопровождающихся гетеролитическим разрывом β-γ-углерод-углеродных связей в его структурных единицах [8–10].

В некоторых случаях наблюдался и противоположный эффект: сорбционная ёмкость модифицированной в присутствии H_2SO_4 коры была меньше при концентрации 10 мг/дм^{3}от 10,44 до 42 %, при концентрации 200 мг/дм^3– от 3,24 до 42,81 % по сравнению с препаратами, модифицированными в присутствии HNO_3. Вместе с тем, сточные и промывные воды, образовавшиеся после модифицирования коры в присутствии HNO_3, содержали меньшее количество CH_2O.

Преимущество использования HNO_3 как катализатора в данном случае может объясняться тем, что реакции, протекающие при действии HNO_3на фенольные вещества,могут приводить к образованию новых карбоксильных групп (по аналогии с лигнином), которые могут участвовать в реакциях ионного обмена с катионами Me^{n+}.При взаимодействии HNO_3 с лигнином происходит нитрование лигнина, нитролигнин вступает в реакцию гидролитического и окислительного деметилирования в *орто*-положении относительно свободных фенольных гидроксилов, образуяновые группы пирокатехина, которые окисляются в *орто*-хинон, затем в дикарбоновые кислоты [10]. Окисление в пропановой цепи лигнина приводит к восстановлению HNO_3 до азотистой кислоты и оксидов азота. Азотистая кислота становится катализатором реакции нитрования, окисляет бензилспиртовые гидроксилы до кетонных групп, затем происходитокислительное расщепление связи C_α–C_βи образуется карбоксильная группа.

Таким образом, химическое модифицирование коры хвойных древесных пород *Larixsibirica*Ledeb, *Pinussylvestris* L. и *Abiessibirica* L. методом фенолформальдегидной поликонденсации в присутствии кислотного или основного катализатора позволяет получать сорбенты с сорбционной ёмкостью по отношению к катионам Cu^{2+}, Zn^{2+}, Cr^{3+}, Pb^{2+},Ni^{2+} от 0,57 до 46,26 мг/г сухого вещества коры. Сточные и первые промывные воды после модифицирования коры требуют очистки от формальдегида. Наиболее эффективный сорбент – модифицированная кора сосны. Максимальная сорбционная ёмкость проявилась у коры всех пород модифицированной в присутствии щелочного катализатора. На сорбционнуюёмкость сорбентовоказывает влияние тип сырья, исходная концентрация катионов в водном растворе, тип катализатора модифицирования.

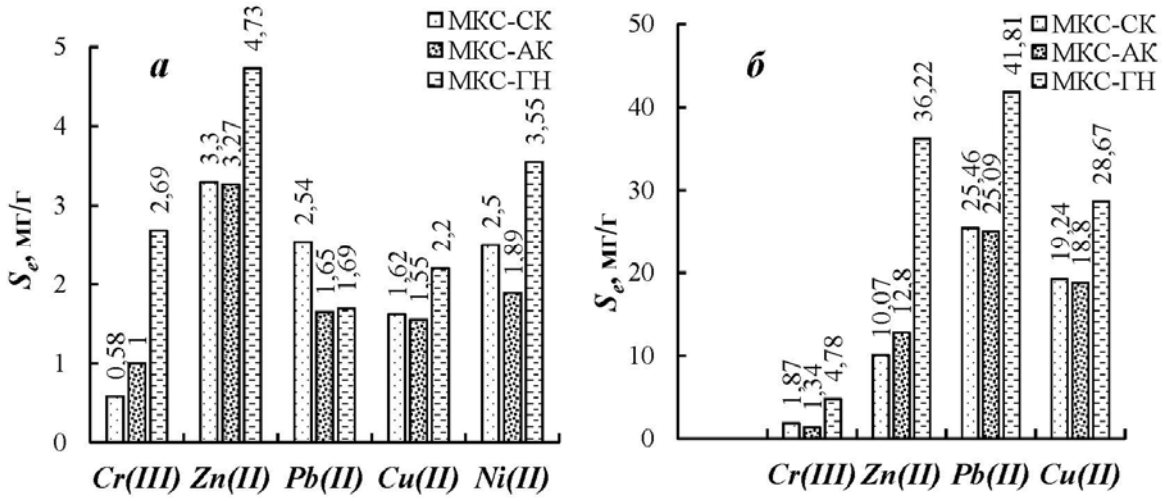


Рисунок – Величина сорбции катионов металлов из водных растворов с концентрацией катионов Me^{n+} в растворах (а) 10 мг/дм^3;(б) 200 мг/дм^3 модифицированной корой сосны, катализатор (СК – 0,3 % H_2SO_4, АК – 0,3 % HNO_3, ГН – 0,3 % NaOH).

Библиографический список

1. Семенович, А.В.Сорбционные свойства модифицированной коры *Larixsibirica* L., *Pinussylvestris* L., *Abiessibirica* L.: дис. ...канд. хим. наук: 05.21.03 / Семенович А.В.– Красноярск, 2013. – 178 с.
2. Modified barks as scavengers for heavy metal ions / J.M. Randall, E. Hautala, A.C. Waiss, J.L. Tschernitz // Forest Products Journal. – 1976. – Vol. 26, N 8. – P. 46–50.
3. Кремлева, Т.А. Гетерогенная конденсация фенола с формальдегидом: автореф. дис. … канд. хим. наук: 02.00.04 / Кремлева Т.А. – Тюмень, 2002. – 25 с.
4. Коршак, В.В. Неравновесная поликонденсация / В.В. Коршак, С.В. Виноградова. – М.: Наука, 1972. – 696 с.
5. Lignin Structure and Reactions / Marton J., Marton T., Falkehag S.J., Alder E. // Advances in Chemistry. – 1966. – Ser. № 59. – P. 125.
6. Воробьев, А. Фенолоформальдегидные смолы / А. Воробьев // Компоненты и технологии. – 2003. – № 7. – С. 176–179.
7. Кондратьев, В.П. Водостойкие клеи в деревообработке / В.П. Кондратьев, Ю.Г Доронин. – М.: Лесн. пром-сть. – 1988. – 216 с.
8. Зарубин, М.Я. Основы органической химии лигнинов / М.Я. Зарубин, С.М. Крутов. – СПб.:СПбГЛТА, 2010. – 272 с.
9. Freudenberg, K. FormaldehydalsSpalt des Lignins / K. Freudenberg, M. Hardner, Z. Market // Chem. Ber. – 1927. – Vol. 60. – P. 581–585.
10. Рязанова, Т.В. Химия древесины / Т.В. Рязанова, Н.А. Чупрова, Е.В. Исаева. – Красноярск: КГТА, 1996. – 358 с.

УДК 676.024.67

М.А. Карбышев
О.Н. Федорова
Ю.Д. Алашкевич

ВЛИЯНИЕ ПОЛОСТИ РАЗМОЛА НОЖЕВОЙ ГАРНИТУРЫ ДИСКОВОЙ МЕЛЬНИЦЫ НА ИНТЕНСИВНОСТЬ ОБРАБОТКИ ВОЛОКНИСТОЙ СУСПЕНЗИИ

ФГБ0У ВО «Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М.Ф. Решетнева»
г. Красноярск

В статье приведены экспериментальные исследования по определению интенсивности размола в зависимости от конструкции рисунка гарнитуры (полости размольной гарнитуры).

Объектом исследования в лаборатории МАПТ является размол волокнистых полуфабрикатов с использованием полупромышленной дисковой мельницы и установленной на ней гарнитуры с пространственным расположением ножей XYZ [6] (рисунок 1).

а б I II III

I – коническая полость размола
II – волнообразная полость размола
III – плоская полость размола

Рисунок 1 – Ножевая размалывающая гарнитура с пространственным расположением ножей в трех плоскостях XYZ

Сравнивая традиционные ножевые гарнитуры с представленной, можно обнаружить ряд недостатков, которые заключается в сложности обеспечения многовариантного исполнения рисунка её рабочей ножевой поверхности. Неразборное исполнение не позволяет решить данную задачу без значительных трудозатрат, требующихся при демонтаже устаревших, изготовлении новых ножей различной конфигурации и последующей установкой их на диске.

Как известно, на основные технологические характеристики ножевых размольных машин оказывают влияние конструктивные параметры гарнитуры, среди

которых геометрические размеры ножей и ширина ячеек, а также углы установки ножей по отношению к оси ротора и статора или, для дисковых мельниц, по отношению к радиусу гарнитуры.

При определении поверхности размола F, в статическом положении рабочих органов ножевых машин углы установки ножей относительно радиуса учтены [7], однако при определении секундной режущей длины, (L_s) они не учитываются [1, 8]. И, к сожалению, неизвестно, какое влияние будут оказывать углы установки ножей гарнитуры на основные технологические показатели работы ножевых размалывающих машин в динамике процесса размола.

Видимые противоречия очень ярко характеризуют проблему выбора тех или иных конструктивных решений. Поэтому очень важно четко знать, какие из конструктивных и технологических параметров позволят установить необходимый режим процесса размола для достижения требуемого качества конечного продукта.

Для подтверждения указанных особенностей представленной гарнитуры в лаборатории МАПТ проведены исследования по определению времени размола в зависимости от полости размола гарнитуры.

На рисунке 2 представлена зависимость времени размола волокнистой массы концентрацией 2% от полости размола гарнитуры с частотой вращения ротора 2000 об/мин.

Одним из важных факторов является время размола**,** с которым связано изменение основных свойств массы и бумаги. С увеличением времени размола повышается степень помола массы, происходит большее укорочение и расщепление волокон, но при этом снижается производительность размалывающего аппарата.

В аппаратах непрерывного действия этот процесс проходит в течение нескольких секунд. Путем подпора массы на выходе из размалывающего аппарата (дросселирование) можно увеличить время нахождения массы в мельнице, что в свою очередь повышает воздействие размалывающей гарнитуры на волокна. В результате степень помола массы повышается, происходит дальнейшее расщепление и укорачивание волокон. Однако при этом, как и при размоле в ролле, производительность мельницы снижается [9]. Проще всего удлинить время пребывания массы в размалывающем устройстве, многократно пропуская ее через тот же аппарат.

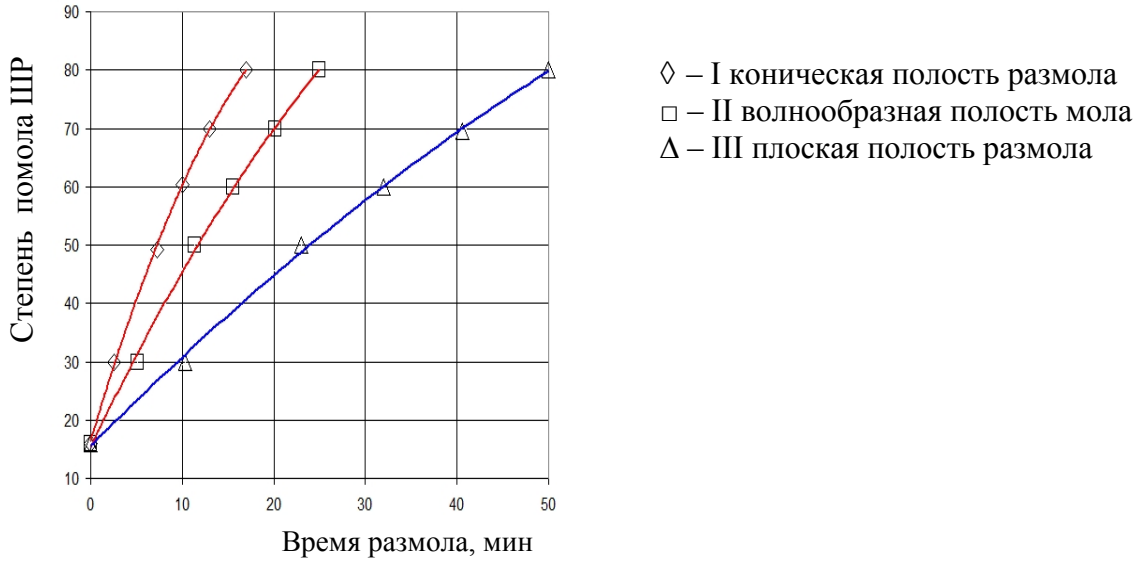


Рисунок 2 – Влияние конструктивных особенностей гарнитуры на степень помола волокна

В нашем случае можно настроить гарнитуру на максимальное пребывание волокнистой массы в дисковой мельнице, не снижая существенно производительность аппарата.

Из рисунка 2 видно, что гарнитура с конической полостью размола интенсивнее обрабатывает волокнистую массу в 1,5 раза, чем волнообразная и в 3,5 раза в сравнении с плоской полостью размола.

Это объясняется тем, что ножевая гарнитура с конической и волнообразной полостями размола имеют более высокое значение секундной режущей длины и размалывающей поверхности по сравнению с гарнитурой имеющую плоскую полость размола.

Выводы:

Ножевая гарнитура с пространственным расположением ножей по сравнению с традиционными гарнитурами позволила:

- повысить эффективность и высокое качество размола за счет правильного выбора режима траектории пути прохождения волокнистого полуфабриката через рабочую межножевую размольную полость;
- интенсифицировать процесс размола за счет возможности настройки рисунка рабочей поверхности на требуемое исполнение, в зависимости от концентрации суспензии и вида материала;
- снизить энергозатраты за счет наиболее полного использования механической и гидродинамической энергии воздействия на волокнистый полуфабрикат;
- повысит производительность за счет сокращения количества циклов прохождения волокнистого полуфабриката через межножевую полость в единицу времени, при сохранении качества размола.

Библиографический список:

1 Легоцкий, С. С. Размалывающее оборудование и подготовка бумажной массы / С.С. Легоцкий, В.Н. Гончаров. М.: Лесн. пром-сть, 1990.- 224 с.
2 Алашкевич Ю.Д. и др. Машины для получения и размола волокнистой массы: Учебное пособие / Ю.Д. Алашкевич, В.П. Барановский, Ф.И. Мицкевич и др.- Красноярск: ЮГУ, 1980.-131 с.
3 Шитов Ф.А. Технология целлюлозно-бумажного производства/ Ф.А. Шитов. М.: Лесн. пром-сть, 1978. - 382 с.
4 Набиева, А.А. Оценка влияния и совершенствование основных технологических параметров ножевых размалывающих машин [Текст]: дис. …канд. техн. наук: 05.21.03: защищена 14.09.2004 /А.А. Набиева – Красноярск, 2004. – 182 с.
5 Лумиайнен, И. Новая теория может улучшить практику - [Текст] / И. Лумиайнен // Pulp and paper international - 1991. - № 11. - С. 26 - 28.
6 Размалывающая гарнитура дисковой мельницы автор(ы): Алашкевич Ю.Д, Ковалев В.И, Карбышев М. А, Кожухов В. А, Барановский В. П. № документа 02314380. Красноярск, - 2007 г.
7 Пашинский, В.Ф. Машины для размола волокнистой массы [Текст] / В.Ф. Пашинский. - М., 1972. – 160 с
8 Гаузе, А.А. Машины для размола и сортирования бумажной массы: Конспект лекций [Текст] / А.А. Гаузе, В.Н. Гончаров. - Л., 1975.
9 Легоцкий, С. С. Размол бумажной массы [Текст] / С.С. Легоцкий, Л.Н. Лаптев. - М.: Лесная пром-сть, 1981. - 89 с.

УДК 635.0.813

Е.В. Матвеенко
Е.Н. Аёшина
Н А. Величко

ВОСК ДРЕВЕСНОЙ ЗЕЛЕНИ JUNIPERUS SIBIRICA BURGSD

ФГБ0У ВО «Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М.Ф. Решетнева»
г. Красноярск

Рассмотрен выход растительного воска из спиртового экстракта древесной зелени можжевельника сибирского.

Известно, что древесная зелень хвойных растений богата - хлорофиллом, витаминами, фитонцидами и другими жизненно необходимы человеку и животным полезными соединениями. Можжевельник – хвойное лекарственное растение, использующееся в народной медицине в виде отваров, настоев и вытяжек. Можжевельник сибирский относится к числу малоизученных видов древесных растений. [1,2]. Целью исследования было установить содержание воскообразных веществ в экстракте древесной зелени можжевельника сибирского. Растительный воск – жироподобное нелетучее вещество, полученное из эфирномасличного сырья, твердое при обычной температуре, легко плавящееся при подогревании, растворимое в гидрофобных растворителях и нерастворимое в этиловом спирте. Растительный воск из древесной зелени хвойных пород является сложной смесью органических соединений, его используют в косметологической промышленности и медицине. [3]

Исходным сырьем в работе была древесная зелень *Juniperus sibirica B*, произрастающего на территории Партизанского района Красноярского края. Срок хранения 6 - 8 месяцев. Образцы были собраны с 10–20 кустарников, усреднялись методом квартования. Для определения воска проводили экстракцию смолистых веществ этиловым спиртом, и определяли содержание экстрактивных по стандартным методикам, используемым в химии и биохимии растений. [4,5]

Массовая доля воскообразных веществ полученных из древесной зелени можжевельника сибирского 2,85 %.

В сравнении с литературными данными, известно, что выход воскообразных веществ из древесной зелени сосны обыкновенной составляет от 2-х до 5 %, в зависимости от сроков заготовки и месте произрастания [6]. Известно, что воскообразные вещества растений содержат полезные компоненты, это дает предпосылки для полного химического анализа суммы воскообразных веществ полученных из древесной зелени можжевельника сибирского.

Библиографический список:

1. И.Н. Ковернинский, «Комплексная химическая переработка древесины», Архангельск 2003. - 246с.
2. Н.И. Гринкевич, И.А. Баландина. Лекарственные растения.: Москва «Высшая школа» 1991. - 398с.
3. ГОСТ Р 53043 2008 - Продукция и сырье эфирномасличное, травянистое и цветочное.
4. ГОСТ 24027.2 – 80 «Сырье лекарственное растительное». М. 1980. С. 284-294

5. В.М. Ушанова, О.И. Лебедева, А.М. Девятковская. Основы научных исследований.: Изд-во СибГТУ, г.Красноярск 2004. - 335с.
6. Е.В. Шанина, С.М. Репях, Выделение экстрактивных веществ водно-этанольными растворами из древесной зелени pinus silvestris / Химия растительного сырья. 2003. №1. С. 61–63

УДК 66.02

Ю. А. Амбросович

ВТОРИЧНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТРАБОТАННЫХ ВОД ДЛЯ ОКРАШИВАНИЯ ВОЛОКНИСТЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ

ФГБ0У ВО «Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М.Ф. Решетнева»
г. Красноярск

Современность давно озадачилась об экологических проблемах промышленных предприятий и путей их решения. Представленный материал рассматривает возможность использования отходов производства химической промышленности в повторное, что позволяет значительно снизить загрязнение использованных вод и получать продукцию с новыми показателями.

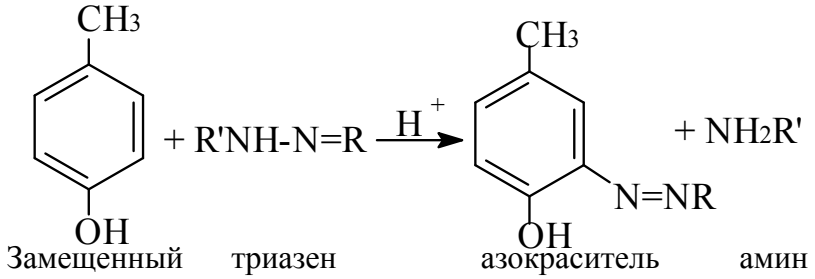
Способы крашения зависят от рода волокон материала, который требуется окрасить. К главнейшим волокнистым материалам относятся шерсть, хлопок, шелк, лен, пенька, солома и другие. Процесс крашения состоит в поглощении краски волокнами. Применяемые для крашения волокнистых материалов красители могут быть разделены на 2 группы: естественные, получаемые из продуктов растительного и животного происхождения, и искусственные (химические), которые иногда называются также «анилиновыми» ввиду того, что анилин является одним из главнейших исходных материалов для их изготовления. Существующее мнение о непрочности искусственных красителей совершенно не обосновано. В настоящее время имеется много искусственно приготовленных красителей, которые значительно лучше противостоят действию воды, мыла, трения и света, чем естественные. Именно поэтому искусственные красители во многих случаях вытесняют из практики естественные, тем более, что первые изготовляются всевозможных цветов и оттенков и в этом отношении дают возможность большого выбора [1] .

Среди большого числа различных органических азотсодержащих соединений выделяют два класса соединений: диазо- и азосоединения, что объясняется широким применением их в лабораторной практике и в промышленности. Диазосоединения – общее название органических веществ, содержащих группировку из двух атомов азота, связанную с одним атомом углерода. Выделяют две группы диазосоединений: ароматические диазосоединения и диазоалканы [2].

Триазены в течение ряда лет используются в качестве красителя в текстильной промышленности. Преимуществом триазенов в сравнении с диазосоединениями является их высокая стабильность, что позволяет их получать заблаговременно на специализированных предприятиях и хранить длительное время. Химизм процесса крашения состоит в расщеплении триазена на диазосоединение и растворимую соль амина при действии кислоты. Образующееся диазосоединение тотчас взаимодействует с присутствующим азотолом, давая нерастворимый азокраситель, а соль амина переходит в отработанный водный раствор.

Известно, что ароматические амины в присутствии минеральных кислот окрашивают волокнистые полуфабрикаты, в связи с этим предлагается использовать повторно сточные воды, содержащие амин, для подкрашивания бумажной массы и получения готовой продукции с новым показателем.

При исследовании реакции азосочетания триазенов с лигносодержащими материалами для получения окрашенной бумажной массы было выявлено образование побочного продукта в использованном водном растворе, ароматического амина. Для подтверждения излагаемой теории был проведен эксперимент химического взаимодействия п-замещенного фенола имеющий строение идентичное фенилпропановой единице (ФПЕ) лигнина с триазеном.



Замещенный фенол — триазен — азокраситель — амин

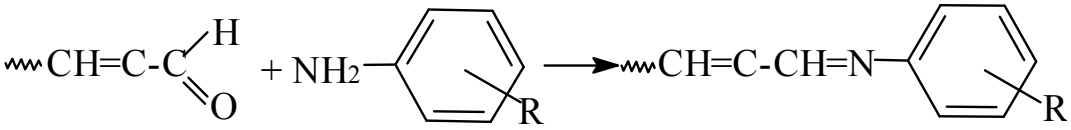
В результате реакции был получен азокраситель с выделением побочного продукта амина. Так как весь процесс крашения в лабораторных и промышленных способах происходит в водной среде, побочный продукт переходит в отработанную воду. Образование амина в сточных водах промышленного масштаба явление нежелательное, т.к. требует дополнительной очистке и экологически не приемлемо. Необходимо разработать методику очищения и утилизации.

Содержащийся в волокнистых полуфабрикатах лигнин имеет реакционные центры, фенольное ядро и карбонильные группы. Карбонильные группы, сопряженные с фенольным ядром могут приводить к появлению окраски при действии на них определенных реагентов. Так продукты взаимодействия ароматических аминов с производными лигнина дают желтые и оранжевые окраски. В связи с этим образовавшийся ароматический амин, может осуществлять параллельное окрашивание лигносодержащей бумажной массы, при взаимодействии с карбонильными группами лигнина. Ароматические амины в кислой среде используются для крашения волокнистых полуфабрикатов, при этом получаются окрашенные материалы от желтого до оранжевого цвета. С целью определения возможности взаимодействия ароматических аминов в исследуемых условиях азосочетания была изучена реакция ариламинов с лигносодержащими материалами. Реакция осуществлялась в присутствии минеральной кислоты при комнатной температуре, т.е. в условиях близких к сочетанию триазенами. При этом наблюдали образование подкрашенной лигносодержащей бумажной массы содержащей лигнин в желтые и оранжевые цвета таблица 1.

Таблица 1 - Окрашивание бумажной массы ароматическими аминами

№	Амины	Окрашивание
1	α- нафтиламин	Желто-оранжевый
2	Сульфаниловая кислота	Желтый
3	Антраниловая кислота	Желто-оранжевый
4	п-толуидин	Желтый
5	п-нитроанилин	Желто-оранжевый
6	о-нитроанилин	Светло-желтый
7	м-нитроанилин	Желто-оранжевый

На основании этого эксперимента можно заключить, что ароматические амины, образовавшиеся при гидролизе триазенов, могут окрашивать в исследуемых условиях лигносодержащую бумажную массу, придавая им различные оттенки в зависимости от заместителей в ариламинах. Реакция протекает по предполагаемой схеме:



На основании этого было предложено использовать сточные воды после крашения триазенами, в которых содержатся амины, для подкрашивания лигносодержащих материалов. С этой целью сточные воды направляются вновь в емкость с полуфабрикатом (лигносодержащей бумажной массой), где и происходит подкрашивание в светлые оттенки. После повторного применения оборотных вод для подкрашения бумажной массы побочные продукты обнаружены в наименьшем количестве и не требующие больших затрат для очистки.

Повторное использование сточных вод говорит об экологичности и экономичности метода крашения бумажной массы триазенами, так как сокращает расход на очистку отработанных вод и получение продукции с новым эстетическим показателем.

Библиографический список:

1. Современное состояние и перспективы развития процесса крашения. [Электронный ресурс] / www.bestreferat.ru/referat-266054.html.
2. Сидорина, Н.Е. Диазо- и азосоединения: практикум / Н.Е. Сидорина, Ю.Н. Климочкин. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2009. – 118 с.
3. Пушкин А.И., Ширяев Д.В. Теория и практика крашения бумаги: Гослесбумиздат-М., 1962-268 с.
4. Ванаг, Г.Я. Лигнин как реактив на амины // Журнал аналитической химии.-1950. - т. V, № 2.-С. 110-118.
5. О взаимодействии лигнина с метиленактивными соединениями / А.Ф. Гоготов [и др.] // Химия древесины. - 1992. - № 2-3. – с. 44-46.

УДК 66.015.23

Н.А. Войнов
О.П. Жукова
В.Н. Щербаков
И. С. Тихонов

ГИДРОДИНАМИКА И МАССООБМЕН В АПАРАТЕ С ЛОПАСТНОЙ МЕШАЛКОЙ

ФГБ0У ВО «Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М.Ф. Решетнева»
г. Красноярск

Представлены результаты исследования гидродинамики и массообмена в аппарате с лопастной мешалкой, работающей в режиме эмульгирования, реализуемом путем внедрения аэрированных слоев газо-жидкостной смеси с поверхности воронки вращающегося потока в объем жидкости. Достигнуто увеличение величины коэффициента массоотдачи до 5 раз по сравнению с барботажом при существенно меньших энергозатртах.

Газо-жидкостные аппараты с перемешивающими устройствами широко используются в промышленности и являются в настоящее время наиболее эффективными для проведения процессов абсорбции, химических и биохимических реакций. Поиск способов снижения энергозатрат на компремирование газа в указанных аппаратах привел к созданию устройств, обеспечивающих необходимое газосодержание в рабочем объеме энергией жидкости. Один из таких способов аэрации исследован в настоящей работе.

Исследования проводились в аппарате диаметром 0,25м и высотой 1,0 м при соотношении диаметра аппарата к диаметру лопастной мешалки $D/d_м = 3\text{-}4$.

Угловую скорость газожидкостного потока определяли фиксацией видеосъемкой перемещения маркера во вращающемся газо-жидкостном потоке с последующей обработкой данных.

Массоообмен исследовался на модельной реакции абсорбции водой кислорода воздуха, а величина коэффициента массоотдачи определялся по методике, представленной в работах [1-2] в предположении идеального перемешивания.

Как показал анализ работы исследуемого аппарата, при низких значениях угловой скорости жидкости, когда диаметр мешалки $d_м$ превышает зону аэрированного слоя, размещенного на поверхности воронки газовой полости, аэрирования жидкости не происходит.

При дальнейшем увеличении угловой скорости жидкостного потока образуется эмульгированный режим перемешивания с развитой межфазной поверхностью.

Вследствие того, что режим эмульгирования достигается при определенном соотношении диаметров перемешивающегося устройства и газовой полости получена зависимость, рисунок 1, позволяющая рассчитать диаметр воронки у основания перемешивающего устройства.

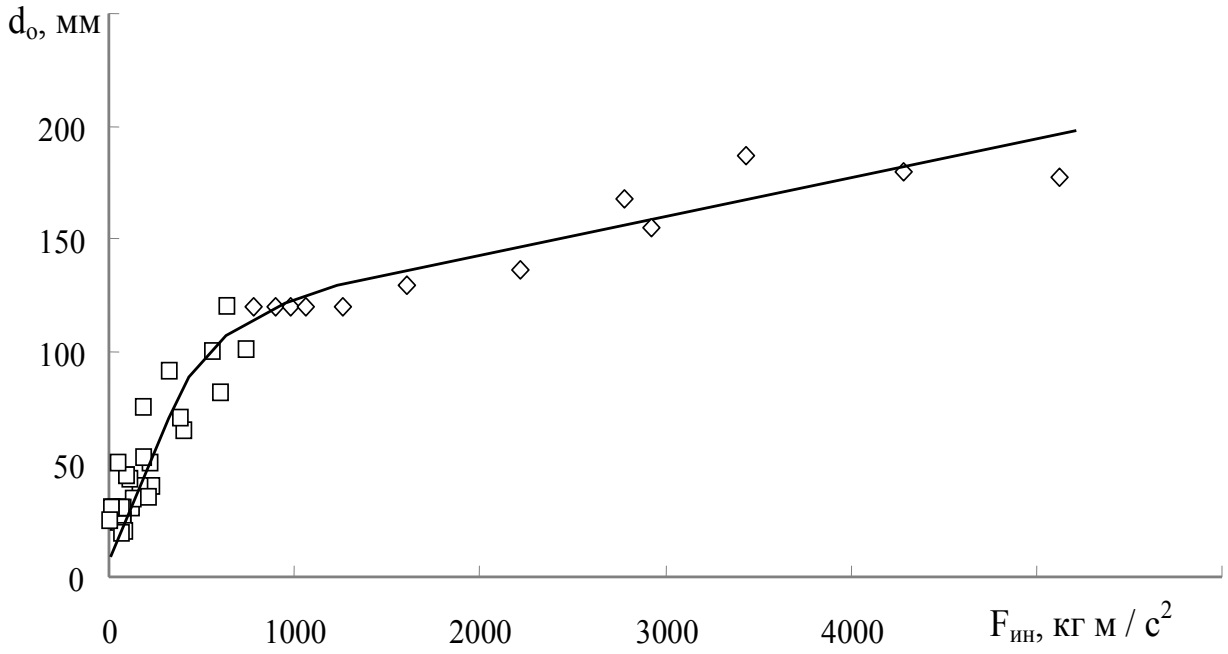


Рисунок 1 – Зависимость диаметра воронки образующей газовую полость от величины центробежной силы при D = (280 – 520) мм, H = (0,18 - 0,8) м, $d_м$ = (70 -120) мм, при n = (900 – 2600) об/мин и угловой скорости жидкости (5-14) $с^{-1}$.

Расчетные значения коэффициентов массоотдачи представлены на рисунке 2. Согласно полученным данным, величина коэффициента массоотдачи возрастает с увеличением числа оборотов мешалки и достигает максимальных значений при определенном соотношении соотношении $d_м/d_o$, что обусловлено установлением эмульгированного режима работы аппарата.

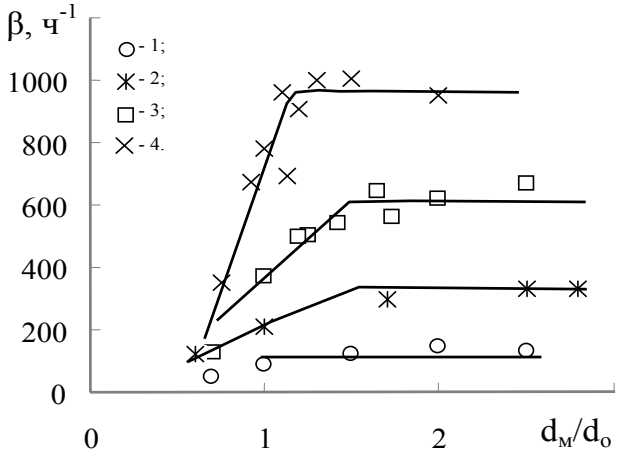


Рисунок 2 – Изменение величины коэффициента массоотдачи от соотношения диаметров $d_м/d_o$ при H/D = 1, h = 200 мм, количество лопастей 2 шт, D = 280 мм, ширина лопасти b = 20 мм, $d_м$ = 50 мм. Экспериментальные точки (1-4): 1– n = 1020 об/мин; 2– n = 1100 об/мин; 3– n = 1400 об/мин; 4– n = 2600 об/мин

Интенсивность массоотдачи также зависит от соотношения высоты слоя жидкости на ступени к ее диаметру H/D и высоты лопасти мешалки h, рисунок 3.

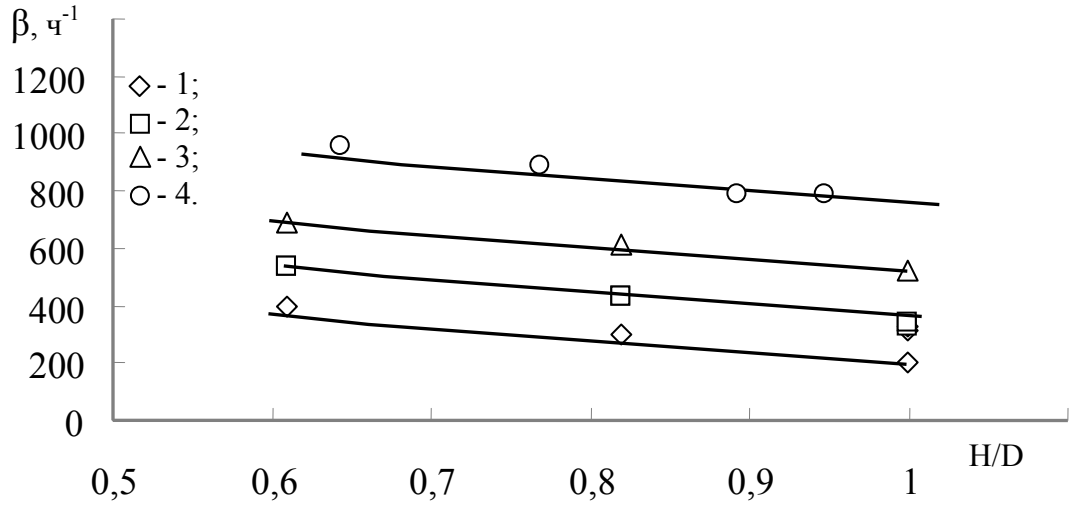


Рисунок 3 - Изменение величины коэффициента массоотдачи от отношения H/D при D = 280 мм, n =1400 об/мин, b = 20 мм, $d_м$ = 70 мм. Экспериментальные точки (1-4) : 1 – h = 100 мм, 2– h =150 мм, 3– h =200 мм, 4 – h = 200 мм, D = 580 мм, $d_м$ = 120 мм

Наибольшая величина коэффициента массоотдачи наблюдается при ширине лопасти 20-30 мм. В этом случае максимальное количество газо-жидкостной смеси внедряется с межфазной поверхности воронки во вращающийся поток жидкости в аппарате.

Величина газосодержания φ во всем исследованном диапазоне нагрузок составила 0,05 - 0,36. С увеличением высоты лопасти мешалки газосодержание возрастает, а при увеличении соотношения H/D уменьшается, что не противоречит известным данным [3].

Полученные данные по массообмену удовлетворительно согласуются с расчетными по зависимости, представленной нами ранее в работе [4].

Предложенный способ аэрирования жидкости в аппаратах с перемешивающими устройствами позволяет снизить потребляемую мощность на компремирование газа и будет востребован в промышленности.

Библиографический список:

1 Войнов, Н.А. Массоотдача в газожидкостном слое на вихревых ступенях [Текст] / Н.А. Войнов, О.П. Жукова, С.А. Ледник, Н.А. Николаев.- Теоретические основы химической технологии, 2013. - Т.47, № 1, С. 1 - 6.

2 Войнов, Н.А., Николаев Н.А. Пленочные трубчатые газо-жидкостные реакторы.- Казань: Издательство «Отечество», 2008.- 272 с.

3 Войнов, Н.А. Массообмен в проточном биореакторе с рециркуляцией жидкости [Текст]/ Н.А. Войнов, О.П. Жукова, О.В. Курганский, Е.Е. Вырина.- Химия растительного сырья, 2014, №3, С. 241-246.

4 Липовцев, Е.В. Инокулятор для выращивания дрожжей на гидролизате древесины[Текст] / Е.В. Липовцев, Н.А. Войнов, О.П. Жукова, Ю.Д. Алашкевич.- Хвойные бореальной зоны, 2015, Т.33, № 3-4, С.156-159.

УДК 577.151.45

Е.А. Литвинова
А.А. Тимофеев
Е.В. Дмитриенко
Ю.А. Литовка

ДИНАМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РОСТА И ЛИГНОЛИТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ДЕРЕВОРАЗРУШАЮЩИХ ГРИБОВ *HETEROBASIDION* И *PORODAEDALEA* НА РАСТИТЕЛЬНЫХ СУБСТРАТАХ

ФГБ0У ВО «Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М.Ф. Решетнева»
г. Красноярск

Определены динамические показатели роста сибирских штаммов Heterobasidion и Porodaedalea и их фенолоксидазная активность при твердофазном культивировании на растительных субстратах. Максимальная ферментативная активность на 7 сутки культивирования характерна для штаммов Pl-15 Porodaedalea laricis на опилках лиственницы (0,43 ед/г•с) и КГ45-2 Heterobasidion parviporum – на опилках осины (0,45 ед/г•с). Представители Heterobasidion parviporum в равной степени колонизируют все изученные субстраты с радиальной скоростью роста 0,2 – 2,5 мм / сут. и ростовым коэффициентом 9 – 46. Штаммы Porodaedalea являются медленнорастущими на всех растительных субстратах, максимальные ростовые показатели отмечены на опилочных субстратах.

Фитопатогенные ксилотрофные базидиомицеты привлекают к себе все большее внимание исследователей, поскольку представляют интерес как перспективные объекты для биоконверсии лигноцеллюлозного растительного сырья. Представители этой группы грибов синтезирует комплекс внеклеточных ферментов, характеризующихся высокой активностью и стабильностью, и обладают механизмами детоксификации продуктов деградации лигнина и разнообразных ксенобиотиков [1,2,3].

Грибы рода *Heterobasidion* встречаются более чем на 200 видах древесных растений, и считаются опасными возбудителями корневой гнили, особенно, в насаждениях сосны и ели северных умеренных широт [4]. Не менее значимыми фитопатогеном являются грибы рода *Porodaedalea*, вызывающие коррозионную или белую гниль хвойных пород, разлагая преимущественно лигнин.

Целью данного исследования являлась оценка ростовых показателей и лигнолитической активности сибирских штаммов грибов *Heterobasidion* и *Porodaedalea* при их твердофазном культивировании на различных растительных субстратах.

Объектом исследования служили: три штамма *Heterobasidion parviporum* Niemelä & Korhonen, изолированные из плодовых тел корневой губки, произраставшей на живых деревьях в лесном массиве на территории Красноярского края; штаммы Pp-15 *Porodaedalea pini* (Brot.) Murrill, Pl-15 *Porodaedalea laricis* (Jacz. ex Pilát) Niemelä, изолированные из плодовых тел, произраставших на живой древесине лиственницы и сосны соответственно (юг Красноярского края) и штамм PnB *Porodaedalea niemelaei* M. Fischer, выделенный из плодового тела на ветровальном дереве *Larix gmelinii* (п-ов Таймыр) [5].

Для определения динамических показателей роста осуществляли твердофазное культивирование штаммов на опилках *Larix sibirica*, *Populus tremula*, *Abies sibirica* и хвое *Pinus sylvestris* при влажности 68 %, температуре 20±2 ^{o}C в течение 18 суток [6]. Активность

фенолоксидазы определяли фотоколориметрически модифицированным методом Бояркина [7] в системе пирокатехин -р- фенилендиамин.

Данные по выборочной оценке ростовых показателей в динамике при твердофазном культивировании штаммов на растительных субстратах представлены в таблицах 1 и 2. Установлено, что представители *Heterobasidion parviporum* в равной степени колонизируют все изученные субстраты, отдавая определенное предпочтение хвое сосны, где зафиксирован максимальный ростовой коэффициент на восьмые сутки культивирования (46). Скорость роста варьировала в пределах 0,2 – 2,5 мм / сут; ростовой коэффициент составил 9 – 46.

Таблица 1 – Динамические показатели роста штамма КГ45-1 *Heterobasidion parviporum* при твердофазном культивировании на растительных субстратах

субстрат	продолжительность, сут					
	4	8	10	14	18	Хср.
опилки березы	10/0,5	23/1,6	23/1,6	27/2,1	26/2,2	22/1,6
опилки осины	9/0,2	18/1,5	30/1,5	27/1,8	28/2,0	22/1,4
опилки пихты	14/0,4	20/1,7	14/1,9	27/2,5	23/2,5	20/1,8
хвоя сосны	17/1,1	46/1,4	24/2,0	16/2,5	13/2,5	23/1,9
Примечание: ростовой коэффициент / радиальная скорость роста (мм/сут)						

Штамм Рр - 15 *Porodaedalea pini* характеризовался невысокими ростовыми характеристиками на всех изученных растительных субстратах (табл. 2): пределы радиальной скорости роста составили 0,2 – 1,7 мм / сут; ростового коэффициента – 5 – 22. Максимальные показатели отмечены на опилочных субстратах.

Таблица 2 – Динамические показатели роста штамма Рр - 15 *Porodaedalea pini* при твердофазном культивировании на растительных субстратах

субстрат	продолжительность, сут					
	4	8	10	14	18	Хср.
опилки березы	16/0,4	15/0,5	15/0,7	19/1,4	21/1,6	17/0,9
опилки осины	11/0,2	14/0,2	20/0,6	20/1,2	22/1,5	17/0,7
опилки пихты	5/0,5	14/0,6	12/0,5	17/1,4	19/1,7	13/0,9
хвоя сосны	8/0,2	6/0,2	10/0,4	8/0,9	9/1,2	8/0,6
Примечание: ростовой коэффициент / радиальная скорость роста (мм/сут)						

Количественное определение фенолоксидазной активности показало, что все исследуемые культуры грибов проявляют ферментативную активность, начиная с седьмых суток культивирования на растительных субстратах (табл. 3). Активность *Heterobasidion parviporum* находилась в пределах 0,15 – 0,45 ед/г•с с максимумом у штамма КГ45-2 на опилках осины. Активность грибов рода *Porodaedalea* составила 0,15 – 0,43 ед/г•с у штамма Pl-15 *P.laricis* на опилках лиственницы.

Таблица 3 – Активность фенолоксидазы (ед / г•с) дереворазрушающих грибов *Porodaedalea* и *Heterobasidion parviporum* при твердофазном культивировании в течение семи суток

Штамм, вид	Растительные субстраты			
	Опилки лиственницы	Опилки осины	Хвоя сосны	Хвоя пихты
Pp-15 *Porodaedalea pini*	0,34	0,31	0,37	-
Pl-15 *Porodaedalea laricis*	0,43	0,41	0,35	-
PnB *Porodaedalea niemelaei*	0,33	0,30	0,41	-
45-1 *Heterobasidion parviporum*	0,33	0,31	-	0,27
45-2 *Heterobasidion parviporum*	0,43	0,45	-	0,30
46-14 *Heterobasidion parviporum*	0,27	0,30	-	0,27

Примечание: - субстрат не был использован для культивирования штамма

Таким образом, сибирские штаммы грибов *Porodaedalea* и *Heterobasidion parviporum* способны колонизировать растительные субстраты при твердофазном культивировании, синтезируя ферменты лигнолитического комплекса, что позволяет рассматривать их как перспективных агентов для биоконверсии отходов лесоперерабатывающей промышленности.

Библиографический список

1. Фёдорова, Т.В. Сравнительный анализ лигнолитического потенциала базидиальных грибов, принадлежащих к различным таксономическим и экологическим группам [Текст] / Т.В. Федорова [и др.] // Прикладная биохимия и микробиология. – М. : Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова. - 2013, том 49, № 6, с. 570-579.
2. Pinedo - Rivilla C. Pollutans Bioodegradation by Fungi [Text] / C. Pinedo – Rivilla, J. Aleu, I.G. Collado // Curr. Org. Chem. - 2009. - V. 1378. - P. 1194–1214.
3. Заикина, Н.В. Основы биотехнологии высших грибов: учеб. пособие для студ. обуч. по напр. Биология [Текст] / Н.В. Заикина. − М. : Проспект науки, 2007. − 336 с.
4. Павлов, И.Н. К вопросу образования очагов куртинного усыхания сосны обыкновенной на старопахотных землях (роль корневой губки, эдафических факторов и изменения климата) / И.Н. Павлов, О.А. Барабанова, С.С. Кулаков и др. // Хвойные бореальной зоны, XXVII, № 3 - 4, 2010. – С. 263 – 272.
5. Павлов, И.Н. Дереворазрушающие и патогенные свойства Porodaedalea niemelaei M. Fischer в редколесьях *Larix gmelinii* на северном пределе произрастания / И.Н. Павлов // Материалы международной конференции, Санкт-Петербург, 25–27 ноября 2013 г. / под ред. А.В. Селиховкина и Д.Л. Мусолина. – СПб.: СПбГЛТУ, 2013. С. 69-70.
6. Методы экспериментальной микологии / под ред. В.И. Билай. – Киев: Наукова думка, 1982. – 550 с.
7. Бояркин А.Н. Быстрый метод определения активности полифенолоксидазы (модифицированный) // Труды Института физиологии растений АН СССР. 1954. Т. 8. Вып. 2. С. 398–403.

УДК 674.547.262 +66.061

В.И. Шарыпов[а, б]
Н.Г. Береговцова[а]
С.В. Барышников[а]
А.В. Пестунов[а]
Б.Н. Кузнецов[а, б]

ИЗУЧЕНИЕ СОСТАВА ЖИДКИХ ПРОДУКТОВ КОНВЕРСИИ ДРЕВЕСИНЫ ОСИНЫ В СВЕРХКРИТИЧЕСКОМ ЭТАНОЛЕ В ПРИСУТСТВИИ ЦЕОЛИТНОГО КАТАЛИЗАТОРА

[а] Институт химии и химической технологии СО РАН, ФИЦ КНЦ СО РАН г. Красноярск,
[б] Сибирский федеральный университет г.Красноярск

Совместное механохимическое активирование древесины осины и катализатора НВКЦ-60 в мельнице-активаторе АГО-2 приводит к увеличению степени конверсии древесины осины в процессе термопревращения в среде сверхкритического этанола. Катализатор НВКЦ-60 способствует увеличению выхода этанолрастворимых продуктов, выкипающих до 180 °С в 1,6 – 2,2 раза и содержания в них этиловых эфиров оксикислот и насыщеных жирных кислот.

Введение

Для получения химических веществ из биомассы необходимо провести деполимеризацию макромолекул основных ее компонентов (целлюлозы, гемицеллюлоз и лигнина) [1].

Эффективная деструкция биомассы может быть осуществлена термическими методами. Пиролиз древесины без доступа кислорода приводит к образованию газообразных продуктов, обуглероженного остатка, воды и смол пиролиза. Смолы пиролиза в значительном количестве представлены полифенолами и полиароматическими углеводородами, что затрудняет их использование в качестве сырья для производства жидких топлив [2].

Повышенный выход легкокипящих продуктов может быть достигнут в процессе термопревращения древесины в среде органических растворителей, находящихся в сверхкритических условиях [3]. Особый интерес представляет использование в качестве суперкритических флюидов низших алифатических спиртов, поскольку они характеризуются относительно невысокими значениями критических параметров (температуры и давления) и способны стабилизировать продукты термопревращения путем их алкилирования. Показана возможность регулирования состава продуктов за счет использования катализаторов, в том числе твердых катализаторов кислотного типа [4, 5].

Ранее нами было проведено исследование термоконверсии в среде этанола древесины осины, обработанной в мехактиваторе АГО-2 в этаноле. Было показано, что увеличение рабочего давления с 4,0 до 22,0 МПа сопровождается ростом степени превращения с 67 до 90 % и выхода продуктов растворения в этаноле с 55 до 76 мас.% при температуре процесса 350 ^{o}C [6].

Целью настоящего исследования являлось изучение влияния цеолитного катализатора на термические превращения в сверхкритическом этаноле механохимически активированной древесины осины.

Экспериментальная часть

В работе использовали древесину осины, содержащую (% в расчете на массу абсолютно сухой древесины): 46,3 – целлюлозы; 20,4 - лигнина; 24,1 - гемицеллюлоз; 3,5 - водорастворимых веществ; 5,2 - экстрактивных веществ; 0,5 - золы. Древесину измельчали до размеров частиц менее 1 мм и высушивали при 100 ^{o}C до влажности менее 1 мас.%. В качестве катализатора использовали цеолит НВКЦ-60 с мольным отношением SiO_2/Al_2O_3 = 60, синтезированный в лабораторных условиях в ИХН СО РАН. Его удельная поверхность составляла 276 м^2/г, объем пор 0,11 см^3/г. Катализатор добавляли к древесине в количестве 10 мас.%. Древесину и её смесь с катализатором подвергали механической обработке в мельнице-активаторе АГО-2 в сухом виде в течение 30 минут при ускорении, развиваемом мелящими телами 60 g.

Термическое превращение древесины в среде этанола проводили во вращающемся автоклаве ёмкостью 0,25 л. В автоклав помещали 5 г древесины или ее смесь с цеолитным катализатором, количество загружаемого этанола составляло 15 мл. Автоклав закрывали, продували аргоном для удаления воздуха и нагревали до 350 °C. Продолжительность эксперимента составляла 60 минут. Рабочее давление в автоклаве изменялось в интервале 7,0-9,2 МПа, в зависимости от добавок катализатора и способов его введения.

После завершения процесса, продукты превращения древесины количественно извлекали из автоклава вымыванием этанолом и последовательно экстрагировали этанолом и водой. Далее из экстрактов отгоняли растворитель, остаток высушивали под вакуумом до постоянного веса и определяли его выход. Выход продуктов, выкипающих до 180 °C, определяли по разности: 100 мас.% – (выход водорастворимых продуктов + выход этанолрастворимых продуктов, кипящих выше 180 °C + выход газообразных продуктов).

Аликвотную часть жидких продуктов анализировали методом ГХ-МС на хроматографе Agilent 7890A.

Содержание сахаров в водорастворимых продуктах после синтеза их триметилсилильных (ТМС) эфиров устанавливали методом ГЖХ с использованием хроматографа «VARIAN-450 GC» с пламенно-ионизационном детектором.

Результаты и обсуждение

В процессе термического превращения древесины в среде сверхкритического этанола ее предварительное механохимическое активирование в АГО-2 приводит к заметному увеличению степени конверсии древесины (Рис.1). Ранее аналогичный эффект был получен при активировании древесины осины в АГО-2 в среде этанола [6].

Добавка цеолитного катализатора не приводит к увеличению степени конверсии древесины, однако способствует существенному увеличению выхода фракции жидких продуктов, выкипающих до 180 ^{o}C, за счет снижения выхода фракции этанолрастворимых продуктов, кипящих выше 180 ^{o}C и водорастворимых продуктов.

Наблюдаемый эффект выше активировании и смешивании катализатора НВКЦ-60 и древесины. В этом случае выход легкокипящей фракции увеличивается более, чем в 2 раза, по сравнению с опытом без катализатора. Отмеченная закономерность может быть связана как с более дисперсным распределением катализатора НВКЦ-60 по поверхности частиц древесины, так и с изменением текстурных характеристик и кислотных свойств цеолитного катализатора в процессе его обработки в энергонапряженных мельницах – активаторах.

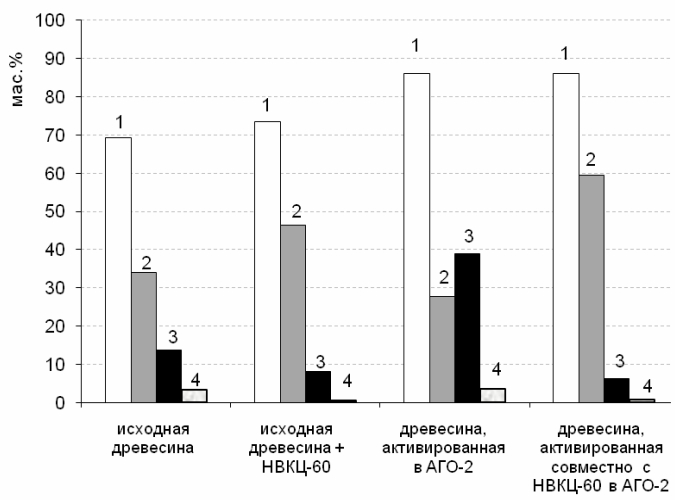


Рисунок 1 - Влияние мехактивирования и добавок катализатора НВКЦ-60 на степень превращения (1) и выход продуктов термического превращения древесины осины в этаноле при 350°С: (2) этанолрастворимые продукты с Ткип. < 180°С; (3) этанолрастворимые продукты с Ткип. > 180°С; (4) – водорастворимые продукты.

Исследование этанолрастворимых продуктов методом хромато-масс-спектрометрии показало, что они состоят из углеводородов, образующихся из этанола, древесины и продуктов взаимодействия древесных продуктов с этанолом (Рис.2). Состав продуктов превращения сверхкритического этанола при 350^{o}С был исследован нами ранее [7] и в настоящей статье не обсуждается. Из полученных данных можно сделать вывод, что под воздействием добавок цеолитного катализатора в составе жидких продуктов увеличивается количество этиловых эфиров оксикислот и насыщенных жирных кислот. Вероятно, образование эфиров является одной из причин увеличения выхода легкокипящих продуктов в процессе термопревращения активированной древесины осины в присутствии НВКЦ-60.

а) продуктов термопревращения древесины осины при 350 °С в сверхкритическом этаноле: 1. 2-метил-2-циклопентен -1-он; 2. 1-(1-этоксиэтокси)-гексен -3; 3. фенол; 4. 2,3-диметил-2-циклопентен-1-он; 5. ангидрид 2-метилпропановой кислоты; 6. 2-метоксифенол; 7. 4- этил-2-метоксифенол.

б) продуктов термопревращения активированной смеси древесины осины и катализатора НВКЦ-60 при 350 °С в сверхкритическом этаноле: 1. Этиловый эфир 2-гидроксипропановой кислоты; 2. 2-циклопентен-1-он; 3. Этиловый эфир 2-бутеновой кислоты; 4. 2-метил-2-циклопентен-1-он; 5. Этиловый эфир этоксиуксусной кислоты; 6. 1-(1-этоксиэтокси)-гексен -3; 7. 5-метилдигидрофуранон – 2; 8. Фенол; 9. 2,3-диметил-2-циклопентен-1-он; 10. Этиловый эфир 3-гидрокси-2,2-диметил бутановой кислоты; 11. 2,3- диметил-2-циклопентен-1-он; 12. Этиловый эфир 4-оксипентановой кислоты; 13. Ангидрид 2-метилпропановой кислоты; 14. 2-метоксифенол; 15. Диэтиловый эфир бутандиовой кислоты; 16. 4-метил-2-метоксифенол; 17. Диэтиловый эфир метилбутандиовой кислоты; 18. 4- этил-2-метоксифенол.

По данным ГЖХ состав водорастворимых продуктов на 60-70% от их массы представлен ксилозой и глюкозой, которые, очевидно, образуются в процессе гидролиза целлюлозы.

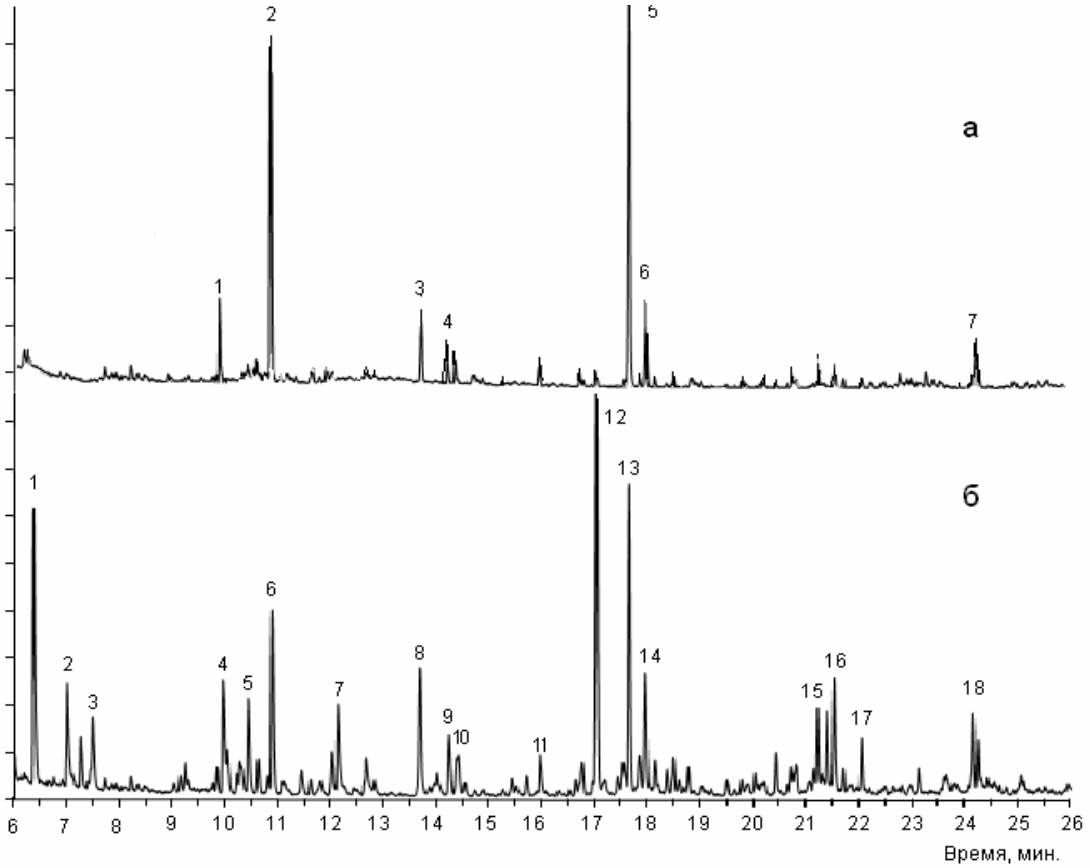


Рисунок 2 - Фрагмент хроматограмм

Библиографический список

1. Clark J., Deswarte F.: Introduction to chemicals from biomass. Eds., Chichester: Wiley, 2008.
2. Heitner C., Dimmel D., Schmidt J. Lignin and Lignans: Advances in Chemistry. CRC Press. 2010. 683 p.
3. Боголицын К.Г. Перспективы применения сверхкритических флюидных технологий в химии растительного сырья. *Сверхкритические флюиды: теория и практика*. 2007. Т.2(1), С.16-27.
4. Larabi C., Maksoud W., Szeto K.C., Roubaud A., Castelli P., C. Santini C., Walter. J.J. Thermal decomposition of lignocellulosic biomass in the presence of Catalysts. *Bioresource Technology*. 2013. V.148, P.255-260.
5. Кузнецов Б.Н., Чесноков Н.В., Яценкова О.В., Шарыпов В.И. Новые гетерогенно-каталитические методы конверсии лигноцеллюлозной биомассы в химические продукты. *Известия Академии наук. Серия химическая*. 2013. № 7, С.1493-1503.
6. Барышников С.В., Шарыпов В.И., Береговцова Н.Г., Таран О.П., Агабеков В.Е. Кузнецов Б.Н. Термическое растворение механоактивированной древесины осины в среде до и сверхкритического этанола. *Журнал СФУ. Химия*. 2014. Т.7(3), С.455-465.
7. Береговцова Н.Г., Шарыпов В.И., Барышников С.В., Гришечко Л.И., Восмериков А.В., Кузнецов Б.Н. Конверсия этанола при 350 и 400 °С в присутствии цеолитных катализаторов с различным силикатным модулем. *Журнал СФУ. Химия*. 2014. Т.7(2), С. 242-251.

УДК 66.015.23

Н.А. Войнов
В.В. Гомануха
Н.Н. Боготко
Н.Н. Хрущев

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ТЕПЛООБМЕНА ПРИ КИПЕНИИ

ФГБ0У ВО «Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М.Ф. Решетнева»
г. Красноярск

Представлены результаты исследования теплосъема при кипении воды в условиях струйного орошения и вращения газо-жидкостного слоя на теплопередающей поверхности. Достигнуто увеличение коэффициента теплоотдачи в 1,7 раза по сравнению с кипением жидкости в большом объеме.

При осуществлении процесса кипения широкое применение в промышленности нашли аппараты пленочного типа, обладающие сравнительно высокими коэффициентами теплопередачи и небольшим временем пребывания жидкости в зоне контакта [1-3]. Однако они работают при низких удельных тепловых нагрузках и имеют высокую металлоемкость из-за образования несмоченных участков на теплопередающей поверхности.

В этой связи, представляет интерес осуществление теплосъема при кипении во вращающемся газо-жидкостном потоке [4-5]. Наличие силы инерции в этом случае обеспечивает смачивание теплопередающей поверхности при больших удельных тепловых нагрузках.

Исследования проводились на контактной ступени, рисунок 1, включающая змеевик, орошение поверхности которого обеспечивалось вращающимся патрубком, рис.1а, а также диском, установленным на валу электродвигателя, рис.1б.

Змеевик внутренним диаметром 0,18 м состоял из 7 плотно установленных витков, выполненных из медной трубы диаметром
25×1 мм. В полость змеевика подавался насыщенный водяной пар под избыточным давлением 0,1- 0,4 МПа.

Величину коэффициента теплоотдачи при кипении определяли по известному выражению

$$\alpha_{кип} = \frac{1}{\frac{1}{K_{оп}} - \frac{1}{a_{кон}} - \frac{\delta}{\lambda}}. \qquad (1)$$

Опытные значения коэффициента теплопередачи определяли по зависимости:

$$K_{оп} = \frac{Q}{(t_п - t_к) \cdot F}, \qquad (2)$$

где: Q – тепловой поток, Вт;
$t_п$, t_k – температура пара и кипения воды, ^oC;
F – рабочая поверхность змеевика, м^2.

Величина коэффициента теплоотдачи при конденсации водяного пара в змеевике рассчитывалась по зависимости полученной ранее [4] в виде

$$\alpha_{кон} = 0{,}1 \cdot K^{1.2} q^{0{,}7} , \qquad (3)$$

где: q- удельная тепловая нагрузка, Вт/м^2 ;
K – критерий фазового перехода.

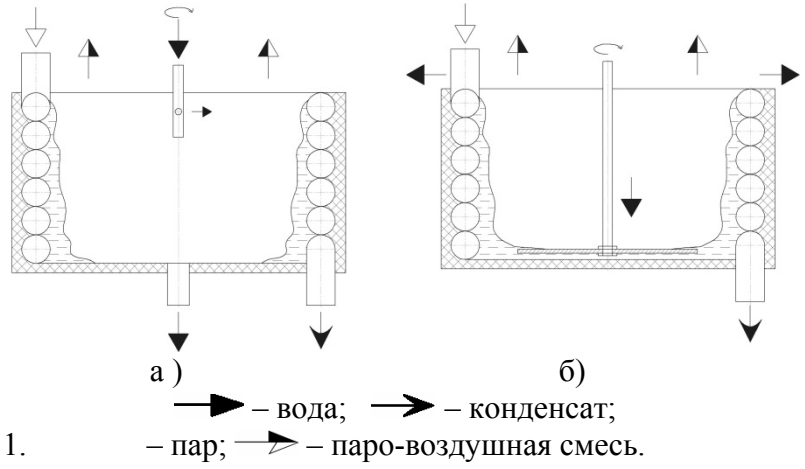


Рисунок 1 - Схема экспериментальной установки

Результаты исследования теплоотдачи при кипении и струйном орошении показаны на рисунке 2.

Согласно представленным данным в области низких значений теплового потока достигнуто увеличение коэффициента теплоотдачи при кипении в 1,7 раза. При больших значениях q величина коэффициента теплоотдачи практически совпадает с данными, полученными при кипении в большом объеме (точки 1, рис.2). С увеличением числа оборотов патрубка интенсификация процесса возрастает, а рассчитанные значения коэффициента теплоотдачи выше, чем при пленочном гравитационном стекании [3] (точки 4, рис.2).

Установлено, что при подаче на орошение воды с температурой ниже его кипения процесс кипения происходит интенсивнее (рис.2, точки 5). Это не противоречит известным данным [2] и обусловлено интенсификацией перемешивания жидкости на стенке вследствие частичной конденсации вторичного пара.

Результаты исследования теплообмена при создании орошения вращающимся диском представлены на рисунке 3. С увеличением числа оборотов диска или угловой скорости вращающегося газо-жидкостного слоя величина коэффициента теплоотдачи при кипении возрастает. При этом критическая удельная тепловая нагрузка 2-4 раза выше, чем в случае использования гравитационного стекания пленки воды (рис. 3, линии 4 - 6).

Таким образом, проведенные исследования показали, что создание вращающегося газо-жидкостного слоя на теплопередающей поверхности позволяет интенсифицировать процесс кипения, и следовательно уменьшить габариты и массу аппарата.

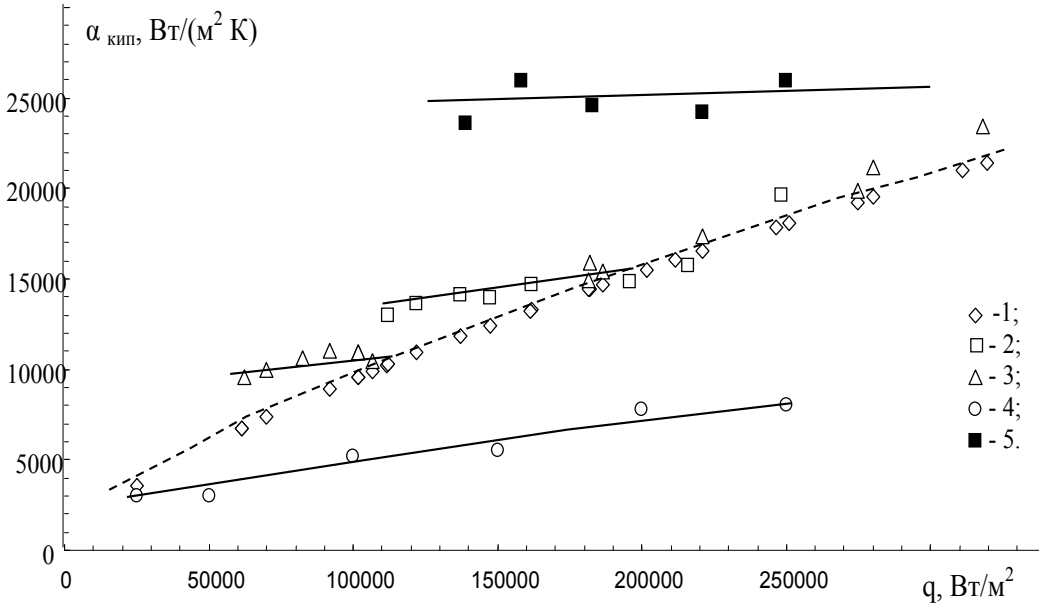


Рисунок 2- Зависимость коэффициента теплоотдачи при кипении от удельной тепловой нагрузки при струйном орошении вращающимся патрубком при F = 0,073 м^2, температура и расход воды 100^{o}C и 0,026 кг/с. Экспериментальные точки (1-5): 1- кипение в большом объеме; 2 - n = 2600 об/мин; 3- n = 900 об/мин; 4- данные [3]; 5- n = 2600 об/мин, температура подаваемой воды 15^{o}C

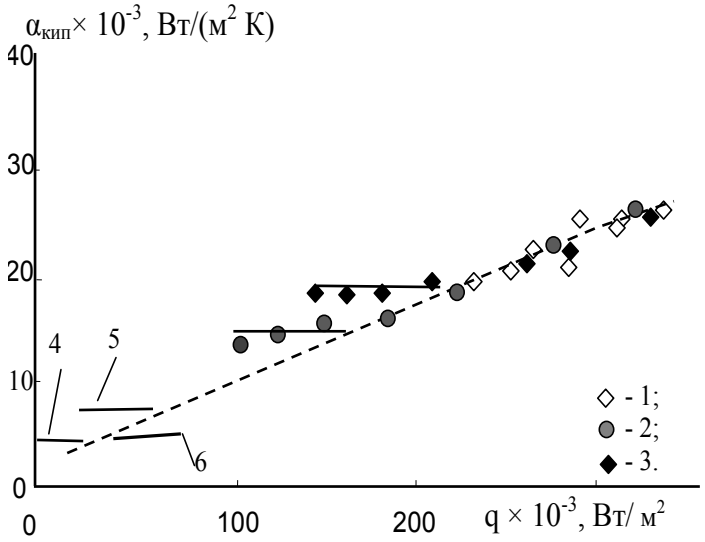


Рисунок 3- Зависимость коэффициента теплоотдачи при кипении от удельной тепловой нагрузки при F= 0,1 м^2. Экспериментальные точки (1-3): 1- кипение в большом объеме: 2- n = 900 об/мин, угловая скорость потока w = 11 с$^{-1}$; 3- n = 2600 об/мин, w = 15 с$^{-1}$;. Линии (4-6): гравитационное стекание пленки воды [3]

Библиографический список:

1.Таубман, Е.И. Выпаривание. Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии. М.: Химия, 1982.- 328 с.
2. Войнов, Н. А. Теплоотдача при конденсации и кипении в пленочном трубчатом испарителе [Текст] / Н. А. Войнов, О. П. Жукова, А. Н. Николаев // Теорет. основы хим. Технол, 2012, Т. 46, № 3, С. 1-9.
3. Войнов, Н. А. Теплосъем при пленочном течении жидкости [Текст]/ А.Н. Войнов, Ал. Н. Николаев.– Казань: Издательство «Отечество», 2011.- 224 с.
4. Войнов, Н.А. Теплообмен в воздушном вихревом конденсаторе [Текст]/ Н. А. Войнов, Н.А. Путинцева, Е.Е. Вырина.- Химическая промышленность, 2013, т.90, №6, С. 291-294.
5. Войнов, Н.А. Вихревая контактная ступень для тепломассообменных процессов [Текст]/ Н.А. Войнов, С.А. Ледник, О.П. Жукова .-Химическое и нефтяное машиностроение, 2013, №9, С.9-11.

УДК 66.015.23

Д.А.Земцов
Н.А. Войнов
А.С. Полоник

ИССЛЕДОВАНИЕ МАССООБМЕНА В ЖИДКОСТИ НА ВРАЩАЮЩЕЙСЯ ПЛАСТИНЕ

ФГБ0У ВО «Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М.Ф. Решетнева»
г. Красноярск

Представлены результаты исследования массообмена в условиях абсорбции и термической ректификации на контактных ступенях, выполненных из пластин в широком диапазоне изменения числа оборотов и плотности орошения. Достигнуто увеличение общей эффективности ступени до трех раз по сравнению с неподвижными контактными устройствами.

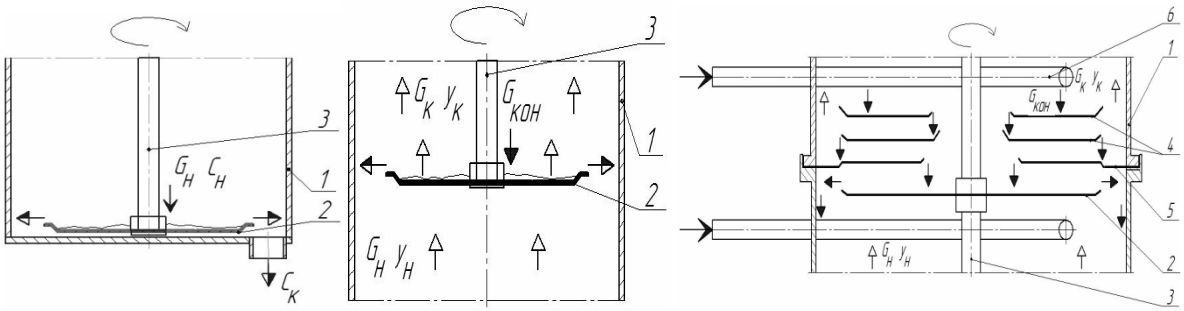
Исследованию массообмена на контактных ступенях, выполненных из пластин, посвящены работы [1- 4], где отмечается, что их эффективность составляет 0,4 - 0,6. Для интенсификации процесса массообмена, в данной работе, осуществлено вращение нижней пластины 2 на каждой ступени ректификационной колонны, рисунок 1.

При исследовании физической абсорбции кислорода водой на вращающуюся пластину 2, рис.1а, через ротаметра РС-5 подавалась обескислороженная вода, которая распределялась по ее поверхности контактируя с окружающим воздухом.

В случае осуществления адиабатной ректификации, рис.1б, на пластину подавалась смесь этанол-вода при температуре близкой к температуре кипения, которая вступала в контакт с поднимающейся паровой смесью этанол-вода.

При исследовании термической ректификации использовалась колонна с десятью контактными ступенями, рис.1в. Поднимающиеся по ступеням пары смеси этанол-вода частично конденсировались на поверхности дефлегматоров 6, а затем полученный конденсат поступал на пластины 4 и 2.

Поверхность пластины 2 составила f = 0,005-0,031 м^2, а число оборотов вала на котором крепилась пластина - 250 до 1000 об/мин.



а) б) в)

а- ступень для исследования абсорбции; б- ступень для исследования адиабатной ректификации; в- ступень для исследования термической ректификации. 1- корпус; 2- нижняя пластина; 3- вал; 4- верхние пластины; 5- пластина; 6- дефлегматор; → - конденсат; ▷ - пар; → - рабочая смесь; → - вода.

Рисунок 1 - Схемы контактных ступеней

При ректификации исследовалась смесь этиловый спирт-вода с начальной концентрацией этанола в кубе 1 – 30 % мас. Величина теплового потока паровой смеси выходящей из куба составила до 5 кВт.

Состав смеси определялся при помощи рефрактометра марки LR-3. Массообмен при физической абсорбции осуществлялся согласно [5].

Эффективность насыщения жидкости на вращающейся пластине при физической абсорбции определялась по зависимости:

$$E_x = \frac{c_к - c_н}{c^* - c_н}, \quad (1)$$

где $c_н$ – начальная концентрация кислорода в жидкости, кг/м^3;

$c_к$ – конечная концентрация кислорода в жидкости, кг/м^3;

c^* – равновесная концентрация кислорода, кг/м^3.

Эффективность ступени при ректификации определялась по формуле Мерфри:

$$E_x = \frac{x_{in} - x_{out}}{x_{in} - x^*}, \quad (2)$$

где x_{in} – состав жидкости, поступающей в колонну, % мас.;

x_{out} – состав жидкости, покидающей колонну, % мас.;

x^* – равновесный состав жидкости, % мас.

Общая эффективность ступени выражалась как отношение числа теоретических к числу действительных тарелок в исследуемой колонне, согласно

$$Ey = N_t / N_r. \quad (3)$$

Результаты исследования эффективности контактной ступени при абсорбции представлены на рисунке 2. Увеличение эффективности при абсорбции на вращающейся пластине по сравнению с неподвижной ступенью составило до 3 раз.

Установлено что при плотности орошения L/f < 0,015 кг/м^{2}с эффективность массообмена резко снижается из-за не полной смачиваемости поверхности пластины.

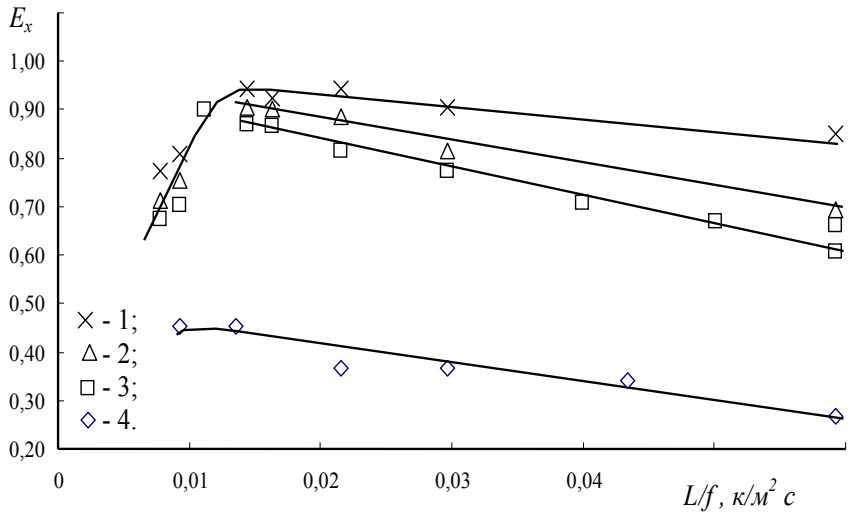


Рисунок 2 - Зависимость эффективность ступени при абсорбции от плотности орошения L/f при диаметре пластины D = 80 - 200 мм, L = 0,002 - 0,04 кг/с. Экспериментальные точки (1-4): 1- n = 1000 об/мин; 2 - n = 400; 3- n = 260; 4- n = 0

Результаты исследования адиабатной ректификации на ступени представлены на рисунке 3.

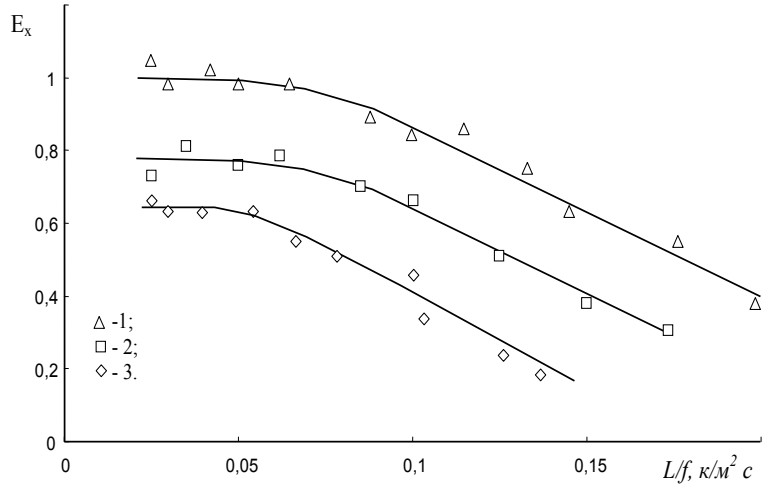
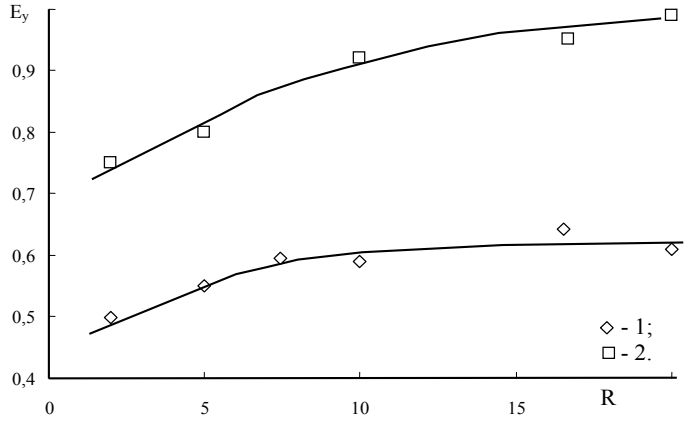


Рисунок 3 - Изменение эффективност контактной ступени от L/f при адиабатной ректификации и n = 900 обмин . Экспериментальные точки (1-3): 1- x_{out} = 3-9 % мас; 2- x_{out} = 12-21% мас; 3- n = 0, x_{out} = 12-21% мас

Согласно полученным данным эффективность ступени при ректификации составила равной 0,6 – 1,0. Установлено, что с увеличением концентрации этанола в жидкости и повышением числа оборотов пластины эффективность ступени возрастает. Это обусловлено тем, что вращение жидкости на пластине интенсифицирует тепломассообмен как в жидкой, так и паровой фазах. При плотности орошения L/f <

0,015 кг/м^{2}с как и при абсорбции наблюдается снижение эффективности, что вызвано плохой смачиваемостью поверхности.

Результаты исследования термической ректификации в колонне представлены на рисунке 4. Общая эффективность ступени возрастает с увеличением концентрации этанола в жидкости и достигает 1,0. Также установлено, что при плотности орошения на пластине менее 0,015 кг/см^2 происходит снижение процесса тепломассообмена.



.

Рисунок 4 - Зависимость эффективности ступени Еу от флегмового числа в колонне при n = 900 об/мин, *L/f* = (0,09 - 0,1) кг/м^{2}с. Экспериментальные точки (1-2): 1 - x_{out} = 2-17 % мас; 2 - x_{out} = 24-38% мас.

Таким образом, на примере абсорбции, адиабатной и термической ректификации подтверждено, что вращение контактных элементов на ступени, выполненной из пластин интенсифицирует тепломассообмен до трех раз. Причем увеличение эффективности вызвано как перемешиванием жидкой так и паровой фаз.

Библиографический список:

1 Войнов, Н.А. Укрепляющая колонна на основе эффектов термической ректификации [Текст] / Н. А. Войнов, Д. А. Земцов.- Хвойные бореальной зоны. Красноярск: СибГТУ, 2015, Т. 33, № 3 – 4, С. 153 – 155.

2 Войнов, Н.А. Колонна с низким сопротивлением на основе термической ректификации [Текст] / Н.А. Войнов, Д.А. Земцов.- Химия растительного сырья, 2016, №2, С.117-122.

3 Войнов, Н. А. Исследование колонн термической ректификации [Текст] / Н. А. Войнов, Д. А. Земцов, В.А. Паньков .- Химическое и нефтегазовое машиностроение, 2016. № 8, С. 3 – 6.

4 Патент 2437698 РФ. Способ ректификации / Войнов Н.А., Паньков В.А, Войнов А.Н. // Бюл. – 2011. – № 36. – 7 с.

5 Войнов, Н.А. Массоотдача в газожидкостном слое на вихревых ступенях [Текст] / Н.А. Войнов, О.П. Жукова, С.А. Ледник, Н.А. Николаев.- Теоретические основы химической технологии, 2013, Т.47, № 1, С. 1 – 6.

УДК 674:544.47

А.В. Мирошникова[а]
В.И. Шарыпов[а]
С.В. Барышников[а]
Б.Н. Кузнецов[а,б]

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕРМИЧЕСКОГО РАСТВОРЕНИЯ АЦЕТОНЛИГНИНА В СВЕРХКРИТИЧЕСКОМ БУТАНОЛЕ В ПРИСУТСТВИИ ТВЕРДЫХ ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ КАТАЛИЗАТОРОВ

[а]Институт химии и химической технологииСО РАН,ФИЦ КНЦ СО РАН,Красноярск
[б] Сибирский федеральный университет,
г. Красноярск

Лигнин является одним из наиболее распространенных природных полимеров растительной биомассы, для которого отсутствуют высокотехнологичные методы переработки.

Установлено, что использование катализаторов $NiCuMo/SiO_2$ в процессе термопревращения ацетонлигнина в среде сверхкритического бутанола при 300°С, приводит к увеличению его конверсии в жидкие и газообразные продукты до 93мас.% при максимальном выходе гексанрастворимых продуктов 55 мас.%.

По данным ГЖХ-МС гексанрастворимые продукты состоят из фенолов, сложных эфиров карбоновых кислот, метоксибензолов. Показано, что катализаторы уменьшают относительное содержание метоксифенолов в составе гексанрастворимых продуктов.

Лигнин один из основных компонентов растительной биомассы. При химической переработке древесины в целевые продукты лигнин остается крупнотоннажным отходом [1]. Эффективным методом деполимеризации лигнина является его терморастворение в этаноле и бутаноле, находящихся в сверхкритическом состоянии. Использование сверхкритических спиртов позволяет увеличить выход экстрагируемых продуктов из лигнинов Установлено, что использование в качестве растворителей этанола и бутанола, позволяет не только увеличить выход экстрагируемых продуктов термической фрагментации, но и алкилироватьих, предотвращая вторичные реакции образования высокомолекулярных веществ [2,3].

Большинство препаратов лигнина, выделяемых в промышленности или в лабораторных условиях различными методами не растворяются или частично растворяются в органических растворителях при нормальных условиях, поэтому при изучении свойств катализаторов в процессах превращения лигнина используют специально приготовленные органосольвентные препараты лигнина. Установлено, что ацетон является одним из наиболее эффективных экстрагентов в процессе выделения лигнина из лигноцеллюлозного сырья органосольвентным методом [4]. Для процесса гидродеоксигенирования биомасел разработаны биметаллические катализаторы $NiCu/SiO_2$ с высоким содержанием активного компонента Ni (37-58 мас.%). Показано, что при 320 °С и начальном давлении водорода 17 МПа эти катализаторы промотируют реакции деоксигенирования гваякола и гидрирования ароматического кольца. Модифицирование катализаторов добавками молибдена приводит к снижению образования кокса в процессах гидродеоксигенирования гваякола [5].

Целью настоящей работы являлось изучение влияния катализаторов $NiCuMo/SiO_2$ на выход и состав продуктов превращения ацетонлигнина в среде сверхкритического бутанола.

В работе использовали ацетонлигнин, выделенный из древесины осины. Превращение лигнина в среде сверхкритического бутанола изучали в автоклаве ёмкостью 0,25л, при массовом соотношении лигнин: бутанол: катализатор = 10 : 40 : 1.Процесс проводили при температуре 300^{o}C и продолжительности 1 ч. После завершения эксперимента содержимое автоклава количественно разгружали вымыванием гексаном и переносили на фильтр. Отфильтрованный остаток последовательно экстрагировали гексаном, диэтиловым эфиром и ацетоном. Выходы экстрактов, твердого остатка и конверсию лигнина определяли весовым методом после удаления растворителя.

Из гексанрастворимых продуктов отбирали аликвотную часть для исследования ее состава методом хромато-масс-спектрометрии (ГЖХ-МС).

В процессе некаталитической конверсии ацетонлигнина в сверхкритическом бутаноле при 300^{o}C выход гексанрастворимой фракции жидких продуктов составил 22 мас.%. Катализаторы $NiCuMo/SiO_2$ существенно увеличивают выход жидких продуктов, который достигает 54,6 мас.% в случае катализатора $NiCuMo/SiO_2$ 30, а так же увеличивают конверсию лигнина до 93,3 мас.% (табл.1). Ранее показано [6], что в присутствии катализатора $NiCu/SiO_2$ выход гексанрастворимых продуктов составил 37,6 мас.%. Таким образом, введение молибдена в состав катализатора $NiCu/SiO_2$ увеличивает выход гексанрастворимых жидких продуктов в 1,5 раза.

Таблица 1 - Влияние катализаторов на выход продуктов превращения ацетонлигнина в сверхкритическом бутаноле при 300 ^{o}C

Катализатор	Выход жидких продуктов, % от массы лигнина			Твердый остаток, % от массы лигнина	Конверсия лигнина, мас.%
	раств. в гексане	раств. в диэтиловом эфире	раств. в ацетоне		
отсутствует	22,5	10,5	29,4	21,8	78,2
$NiCuMo/SiO_2$ 20	47,7	9,2	32,5	7,2	92,8
$NiCuMo/SiO_2$ 30	54,6	8,0	26,8	6,8	93,2
$NiCuMo/SiO_2$ 30 (1)*	54,4	7,6	26,4	6,9	93,1
$NiCuMo/SiO_2$ 30 (2)**	54,1	7,8	25,9	6,7	93,3

На рисунке 1 показано, что катализаторы существенно изменяют групповой состав продуктов, снижая относительное содержание метоксифенолов, производных бензола иувеличивая относительное содержание сложных эфиров.

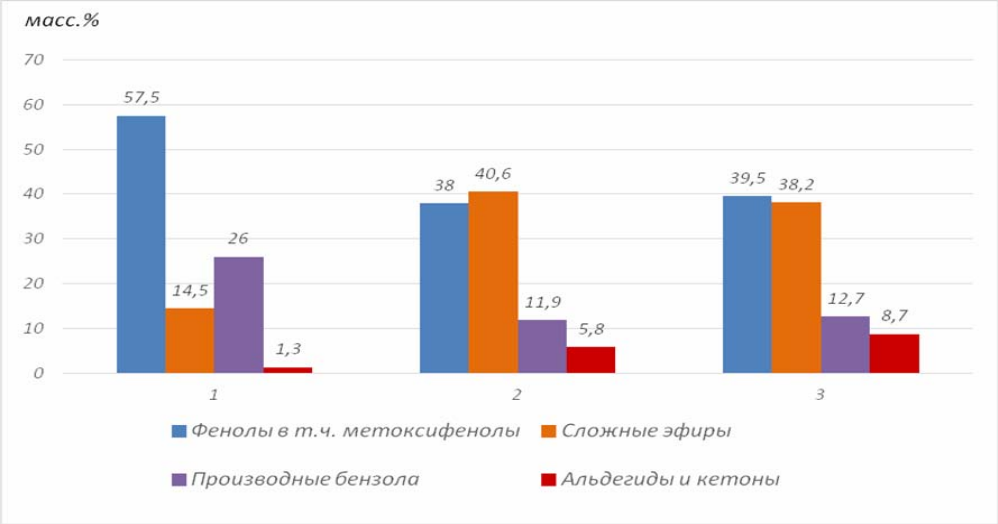


Рисунок 1 - Влияние температуры процесса конверсии ацетонлигнина в бутаноле в присутствии катализатора $NiCuMo/SiO_2$ -30 на выход жидких и газообразных продуктов

Исследование гексанрастворимых фракций жидких продуктов конверсии ацетонлигнина методом ГЖХ-МС показало, что каждая из них содержит более 100 идентифицированных индивидуальных веществ, относящихся к различным классам органических соединений.

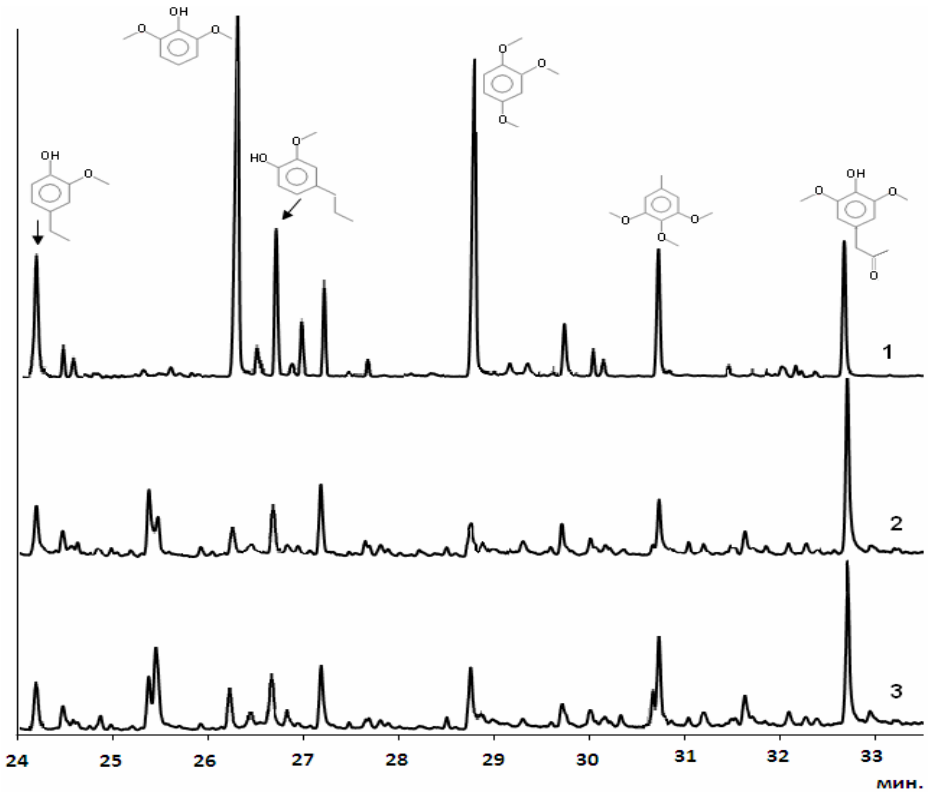


Рисунок 2 - Фрагменты хроматограмм гексанрастворимой фракции жидких продуктов термопревращения ацетонлигнина в бутаноле при 300 ^{o}C в отсутствии катализатора (1) и с катализаторами $NiCuMo/SiO_2$ 20 (2), $NiCuMo/SiO_2$ 30 (3).

На рисунке 2 приведены фрагменты хроматограмм гексанрастворимых фракций жидких продуктов превращения ацетонлигнина в бутаноле при 300°С. Производные бензола в составе гексанрастворимых продуктов, в основном представлены метоксибензолами. Влияние катализаторов проявляется в уменьшении их относительного количества.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Установлено, что в процессе термопревращения ацетонлигнина в среде сверхкритического бутанола при 300°С в присутствии катализаторов $NiCuMo/SiO_2$, конверсия лигнина в жидкие и газообразные продукты достигает 93 мас.%.

Одновременно происходит увеличение в 2,4 раза выхода гексанрастворимых продуктов, содержащих вещества с относительно невысокой температурой кипения. Максимальный выход гексанрастворимых продуктов (55 мас.%) получен в присутствии катализатора $NiCuMo/SiO_2$ 30.

Повторное использование этого катализатора не приводит к ухудшению его каталитических свойств на протяжении 3-х циклов.

Результаты исследования гексанрастворимых продуктов методом ГЖХ-МС показали, что они состоят из фенолов, сложных эфиров карбоновых кислот, метоксибензолов. Под действием исследуемых катализаторов происходит уменьшение относительного содержания метоксифенолов. Наиболее резкое снижение наблюдается для сирингола - в 8 раз для катализатора $NiCuMo/SiO_2$ 20 и примерно в 14 раз для катализатора $NiCuMo/SiO_2$ 30.

Библиографический список:

1. Biofuels alternative feedstocks and conversion processes. Ed. by A. Pandey, C. Larroche, S.C.Ricke, C.-G.Dussap, E.Gnansounou.Academic Press. 2011. P. 629.

2. Jae-Young Kim, Jeesu Park, Hyewon Hwang, Jeong Kwon Kim, Kyu Song, JoonWeon Choi. Catalytic depolymerization of lignin macromolecule to alkylated phenols over various metal catalysts in supercritical tert-butanol // Journal of Analytical and Applied Pyrolysis. 2015. V.113. P. 99–106.

3. Huang X., Koranyi T.I., Boot M.D., Hensen E.J.M. Catalytic Depolymerization of Lignin in Supercritical Ethanol // Chem. Sus. Chem. V. 7. Issue 8. 2014. P. 2276–2288.

4. Huijgen W.J.J., Reith J.H., den Uil H. Pretreatment and Fractionation of Wheat Straw by an Acetone-Based Organosolv Process // Ind. Eng. Chem. Res. 2010. V. 49. N20. P. 10132–10140.

5. Ermakova, M.A., Ermakov, D.Y. High-loaded nickel–silica catalysts for hydrogenation, prepared by sol–gel: route: structure and catalytic behavior // Applied Catalysis A: General. 2003. V. 245. P. 277-288.

6. Шарыпов В.И., Кузнецов Б.Н., Яковлев В.А., Береговцова Н.Г., Барышников С.В., Дьякович Л., Пинель К. Состав жидких продуктов конверсии ацетонлигнина в сверхкритическом бутаноле в присутствии катализаторов $NiCu/SiO_2$ // Журнал Сибирского федерального университета. Химия. 2015. Т. 8. № 3. С. 465-475.

УДК 66.015.23

Н.А. Войнов
О.П. Жукова
Д.А. Земцов
И.В. Земцова

КОЛОННЫ ТЕРМИЧЕСКЕОЙ РЕКТИФИКАЦИИ

ФГБ0У ВО «Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М.Ф. Решетнева»
г. Красноярск

Рассмотрены области применения процесса ректификации в технологиях переработки растительного сырья, проведен анализ применимости колонн, реализующих термическую ректификацию в процессах переработки биомассы дерева.

Процесс ректификации широко применяется в промышленных технологиях переработки биомассы дерева в производствах получения технического этилового спирта, скипидара, канифоли, талового масла, сульфатного мыла, биотоплива, регенерации экстрактивных реагентов и.т.д. [1-3].

При переработке растительного сырья продукты, подвергаемые ректификации, зачастую многокомпанентны, трудно разделяемы, подвергаются термическому распаду при длительном воздействии температуры и деструкции с образованием на греющих поверхностях отложений и смол. Протекающие при этом химические процессы (изомеризации, диспропорционирования, декарбоксилирования и димеризации) оказывают отрицательное влияние на выход и качество продукта, что требует проведения режима ректификации при низкой температуре и давлении. Поэтому применение традиционных способов адиабатической ректификации не всегда возможно и целесообразно.

На современном уровне развития производства наиболее перспективным для разделения сред является использование термической ректификации, основанной на испарении и парциальной конденсации поднимающихся паров смеси при низком парциальном давлении. Нами разработан и апробирован способ ректификации [4], заключающейся в частичной конденсации поднимающихся паров смеси на каждой ступени и последующем испарении до ввода в основной поток стекающей флегмы, что позволило увеличить эффективность до трех раз в сравнении с адиабатической ректификацией.

При термической ректификации разделение смеси сопровождается подводом тепла на контактные ступени либо его отводом теплообменными устройствами для интенсификации процессов испарения и конденсации в системе. Для снижения потерь тепла при термической ректификации наибольший интерес, на наш взгляд, представляют установки со встроенными дефлегматорами на ступенях, обеспечивающие частичную конденсацию поднимающихся паров и образование флегмы с заданной температурой. При таком конструктивном оформлении тепловые потоки в колоннах адиабатической и термической ректификации, при прочих равных условиях, примерно одинаковы. Поддержание оптимальных гидродинамических параметров на каждой ступени в колоннах термической ректификации вследствие уменьшения расхода пара и рабочей жидкости по их высоте, может быть обеспечено регулированием количества контактных устройств на ступени либо изменением их конструктивных параметров

Одним из преимуществ термической ректификации является возможность создания установок с низким гидравлическим сопротивлением и сравнительно высокой эффективностью. При этом целенаправленное воздействие на процессы испарения и конденсации на ступенях позволяет уменьшить время воздействия на продукт высокой температуры, снизить количество обрабатываемого продукта в зоне контакта, обеспечить разделение термолабильных и химически не стойких веществ. Преимуществом колонн термической ректификации, помимо их высокой эффективности, является снижение капитальных затрат и сопротивления, а также возможность регулирования хода процесса разделения потоком теплоносителя.

Для многотоннажных производств колонны термической ректификации целесообразно конструировать с высокими массообменными параметрами ступени и устройствами, реализующими термические эффекты. В колоннах, предназначенных для работы под разряжением, необходимо использовать в основном термические эффекты, которые не приводят к росту сопротивления колонны.

Основываясь на вышесказанном, для установок большой производительности разработаны колонны с вихревыми контактными ступенями [5], общая эффективность которых в колонне с 25 контактными ступенями составила 0,8-1,7 при межступенчатом расстоянии 100 мм.

Для осуществления термической ректификации при низком парциальном давлении разработаны [6-8] установки с контактными ступенями, выполненными из пластин, в которых достигнуто увеличение общей эффективность ступени до 4 раз по сравнению с адиабатической ректификацией.

Эффективность такой ступени составила 0,4-1, а ее сопротивление не превышает 40 Па. Большая развитая поверхность испарения и конденсации обеспечивает высокое разделение и позволяет удерживать небольшое количество продукта в зоне высокой температуры. Колонна легко управляема, не металлоемка в сравнении с насадочной колонной.

Наибольший вклад в укрепление смеси на ступени из пластин дают процессы испарения и конденсации, протекающие на верхних пластинах ступени, вклад дефлегматора в общую эффективность ступени составил 13%, суммарный вклад нижней и средней пластины - не более 25%.

Общая эффективность ступени в целом по колонне зависит от плотности орошения конденсата, расхода поднимающегося пара и температуры охлаждающей воды, подаваемой в дефлегматор.

Достижение сравнительно высоких значений числа единиц переноса при низком гидравлическом сопротивлении позволяет рекомендовать разработанные нами ступени для конструирования ректификационных колонн, работающих под вакуумом.

Для установок, предназначенных для исчерпывания компонентов из жидкости, разработаны колонны термической ректификации пленочного типа. Выявлено влияние парциальной конденсации на укрепление паров смеси и испарения с поверхности пленки, установлены оптимальные технологические и кинетические параметры процесса термической ректификации. Подтверждены данные о том, что эффективность разделения при парциальной конденсации зависит как от расхода сконденсировавшихся паров, так и от физических свойств смеси. При этом процесс укрепления осуществляется как в случае конденсации паров на теплообменную поверхность, так и при их конденсации на охлаждаемой пленке стекающей жидкости. Осуществление парциальной конденсации на охлаждаемой поверхности теплообменной рубашки, приводит к уменьшению величины высоты единиц переноса до 0,6-0,7 м, что в 1,3 раза эффективнее по сравнению с адиабатической ректификацией.

Установленные параметры процесса неадиабатической ректификации позволили разработать исчерпывающую пленочную бражную колонну, работающую на основе термических эффектов.

Замена ступеней с колпачковыми контактными устройствами на пленочные позволила существенно снизить металлоемкость и габариты колонны, а также устранить застойные зоны, увеличить продолжительность ее работы.

Таким образом, колонны, реализующие способ термической ректификации, могут найти широкое применение в процессах переработки биомассы дерева.

Библиографический список:

1 Гордон, Л.В., Технология и оборудование лесохимических производств/ Л.В. Гордон, С.О. Скворцов, В.И. Лисов. – М.: Лесн. пром-сть, 1988 – 360 с.
2 Владимирова Т. М. Применение парциальной конденсации для повышения качества талловых продуктов: дис. канд. техн. наук. – Архангельск, АГТУ, 2006 – 166 с.
3 Черепов Е.В. Обоснование и разработка технологии совмещенного производства абсолютированного спирта и биоэтанола: дис. канд. техн. наук. – Краснодар, МГТУ, 2011 – 167 с.
4 Пат. 2437698 Российская Федерация, МПК B01D3/14 C1. Способ ректификации [Текст]/ Войнов Н.А., Паньков В.А., Войнов А.Н. ; заявитель – №2010118012/05 ; заявл. 04.05.2010 ; опубл. 27.12.2011, Бюл. № 36. – 7 с.
5. Voinov N. A., Efficiency of a Vortex Contact Stage in Thermal Distillation N. A.Voinov, O. P.Zhukova , A. N. Voinov, D. A. Zemtsov // Theoretical Foundations of Chemical Engineering, 2016, Vol. 50, No. 5 p. 707–712.
6 Войнов, Н. А. Исследование колонн термической ректификации [Текст] / Н.А. Войнов, Д. А. Земцов, В.А. Паньков // Химическое и нефтегазовое машиностроение, 2016. № 8, С. 3 – 6.
7 Земцов Д.А., Войнов Н.А.. Укрепляющая колонна на основе эффектов термической ректификации // Хвойные бореальные зоны, 2015, т.33, №3, С. 153-155.
8 Войнов, Н.А. Колонна с низким сопротивлением на основе термической ректификации [Текст] / Н.А. Войнов, Д.А. Земцов.// Химия растительного сырья, 2016, №2, С.117-122.

УДК 630.86

Е.В. Исаева
Т.В. Рязанова

КОМПОНЕНТНЫЙ СОСТАВ ВОСКООБРАЗНЫХ ВЕЩЕСТВ ПОЧЕК ТОПОЛЯ

ФГБ0У ВО «Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М.Ф. Решетнева»
г. Красноярск

Изучена динамика содержания воскообразных веществ в почках тополя бальзамического, произрастающего в Красноярском крае. Установлено, что почки тополя содержат в среднем 2-3 % воска.

Исследование методом ГХ-МС растворимой в хлороформе части воскообразных веществ показало наличие углеводородов парафинового ряда (73 %), алифатических одноатомных спиртов (10,7 %), свободных кислот (8,8 %) и других соединений.

При химической переработке вегетативной части тополя осуществляемой с использованием в качестве растворителя этанола, получается экстракт липофильных веществ, отстаивание которого при пониженной температуре приводит к осаждению воскообразных веществ [1]. Использование тополинного воска в настоящее время ограничено, это связано с недостаточностью сведений о строении его компонентов и их количественном содержании.

Известно, что важным компонентом протоплазматических мембран являются липиды. В виде кутина, воска и суберина они образуют защитные покровы на внешней поверхности листьев, почек, плодов и стеблей. Находясь в кутикулярном слое эпидермиса, воски предотвращают как избыточное поступление воды внутрь растения, так и ее вытекание, препятствуют поражению микроорганизмами. Таким образом, они будут являться неизменным компонентом спиртовых экстрактов почек тополя.

На первом этапе исследования изучали динамику содержания воскообразных веществ в почках тополя бальзамического. Содержание воска определяли по общепринятым в химии растительного сырья методикам [2]. Результаты количественной оценки приведены на рисунке 1 (приведены средние результаты 3-х летних исследований).

Как свидетельствуют результаты, количество воскообразных веществ в течение годового цикла развития почек изменяется незначительно. В годичной динамике их содержания прослеживается один максимум, приходящийся на период вынужденного покоя.

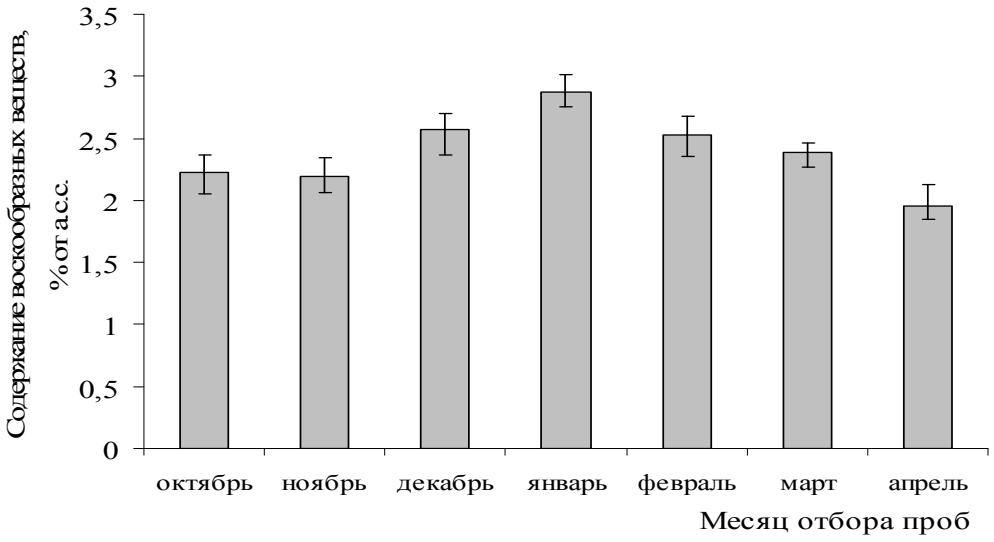


Рисунок 1 – Динамика содержания воскообразных веществ в почках тополя бальзамического

В среднем почки тополя содержат от 2 до 3 % воска, что превышает его содержание в хвое ели сибирской (0,73-2,56 %) и сопоставимо с хвоей пихты сибирской (2,55-5,96 %), используемой для промышленного получения восков [3].

В сухом виде воск, выделенный из почек тополя бальзамического, – это порошок светло-желтого цвета, при добавлении даже небольшого количества этанола – вязкая пастообразная масса. Температура плавления воска 53 ^{o}C. Содержание неомыляемых веществ около 30 %, омыляемых – до 70 %.

Анализ хлороформного экстракта воскообразных веществ осуществляли на газовом хроматографе TraceGC и хромато-масс-спектрометре Polaris Q. Условия

хроматографирования: колонка Cp-Si8CB lowbleed/MS (кварц, 50 м х 0,5 мм, толщина пленки 0,25 мкм), газ-носитель – гелий с постоянным потоком 1 мл/мин. Температура колонки: 40 ^{o}C (изотерма 5 мин), 40-280 ^{o}C (10 ^{o}C/мин), 280 ^{o}C (изотерма 30 мин). Температура испарителя: 280 ^{o}C, температура источника ионов: 150 ^{o}C, температура интерфейса между ГХ и МС детектором: 280 ^{o}C, объем пробы: 1 мкл раствора. Ионизация: электронный удар (70 эв), сбор данных: 1,2 скан./с при массовой области 40-600 а.е.м.

Хроматограмма хлороформового экстракта воскообразных веществ почек тополя представлена на рисунке 2.

Исследование растворимой в хлороформе части воскообразных веществ методом ГХ-МС показало наличие углеводородов парафинового ряда, алифатических одноатомных спиртов и их эфиров и других соединений.

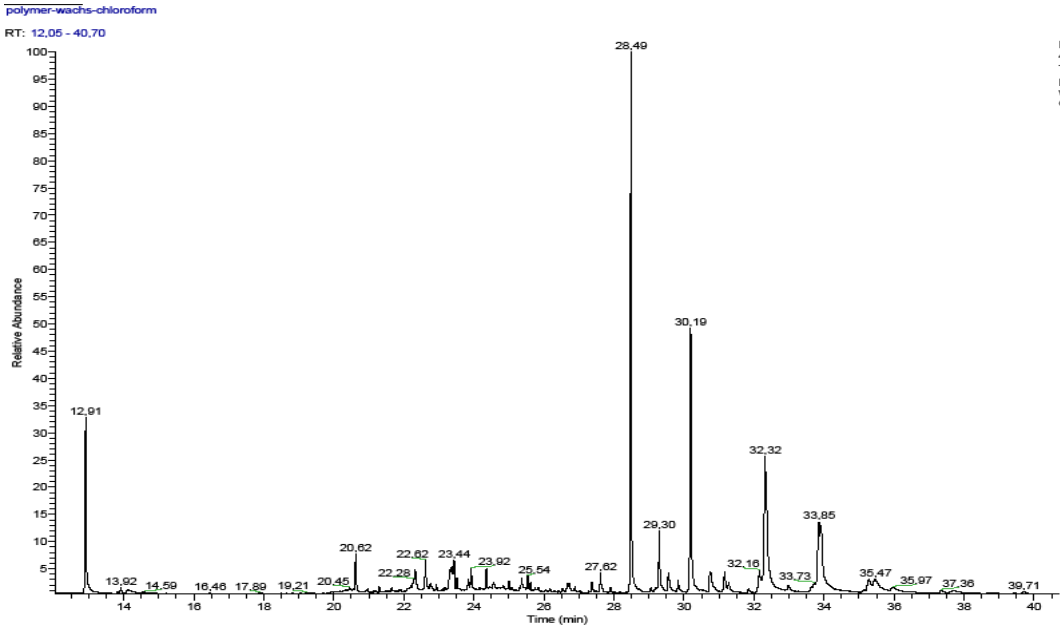


Рисунок 2 – Хроматограмма хлороформового экстракта воска почек тополя бальзамического

В таблице 1 приведена количественная оценка компонентов воска, выделенного из почек тополя.

Как свидетельствуют результаты таблицы 1, у воска тополя бальзамического главную часть растворимых в хлороформе веществ составляют углеводороды (60,2 %), из которых 73 % приходится на фракцию парафиновых углеводородов и 10,7 % – фракцию высших спиртов. Воск тополя содержит некоторое количество кислот как в свободном состоянии (8,8 %), так и в виде эфиров (4,8 %). Высокомолекулярные жирные кислоты представлены олеиновой кислотой и эфирами жирных кислот ряда C_{14}-C_{18}. В составе хлороформовой вытяжки воскообразных веществ почек тополя бальзамического установлено наличие C_{18}-гидроксикислоты. Например, для хвойного воска характерно наличие гидроксикислот ряда C_{12}-C_{16} [4,5].

Таким образом, полученные данные показывают, что воск, выделяемый из почек тополя бальзамического, состоит из различных групп веществ: углеводородов парафинового ряда (73 %), алифатических одноатомных спиртов (10,7 %), свободных кислот (8,8 %) и других соединений.

Таблица 1 – Состав хлороформового экстракта воскообразных веществ почек тополя бальзамического в процентах от суммы веществ

Время удерживания, мин	Компонент	Количес-тво
12.91	Бензоилформиат	6,72
20.17	Триметиловый эфир бензойной кислоты	0,03
20.45	2-фенил-2-метилбутаноат	0,42
20.62	Гидрокситолуйен бутилат	1,44
22.33	Метиловый эфир линоленовой кислоты	2,15
22.62	α- эвдесмол	1,28
23.44	Антрагинон,1,8-диметил	4,08
23.92	Бензойная кислота	1,44
24.34	Эргостерилацетат	0,91
25.00	4-гидроксиметиловый эфир октадекановой кислоты	0,65
25.37	Метилпропиловый эфир стеариновой кислоты	0,89
25.54	Этиловый эфир тетрадекановой кислоты	1,00
27.37	Олеиновая кислота	0,62
27.62	n-Гептакозан	0,98
28.49	Октакозан	18,80
29.30	Гентриаконтан	3,07
29.49	Тетратетраконтан	1,31
30.19	n-Пентакозан	12,03
32.32	18-Пентатриаконтанон	13,31
33.85	Триметилтетрадеценолацетат	5,56
33.92	1-Гептатриакотанол	5,13
	Всего идентифицировано	80,96

Библиографический список:

1 Пат. № 2322501 Российская Федерация C12P 1/02,C11B, 1/10,C11C 1/00,C09F 1/00. Способ комплексной переработки вегетативной части тополя бальзамического / Г.А. Ложкина, Исаева Е.В. – Заявка 32006124142, приоритет от 5.07.06. Опубл. 20.04.08. Бюл. № 11. – 5 с.
2 Оболенская, А.В. Лабораторные работы по химии древесины и целлюлозы / А.В. Оболенская, З.П. Ельницкая, А.А. Леонович. – М.: Экология, 1991. – 320 с.
3 Лебедева, О.И. Воск хвои пихты сибирской и сосны обыкновенной / О.И. Лебедева, Л.П. Рубчевская, С.М. Репях //Химия древесины. – 1991. – №5. – С.88-90.
4. Franich, R.A. Epicuticular wax of Pinus radiate needles / R.A. Franich, L.G. Wels, P.T. Holland // Phytochemestry. – 1978. – V. 17, N 5. – P. 1617-1623.
5 Изучение химического состава хвойного воска / И.П. Дейнеко [и др.] // Химия растительного сырья. – 2005. – №1. – С. 13-18.

УДК 543.878:541.127:519.2

В.Р.Пен
С.И.Левченко

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАЗМОЛА

ФГБ0У ВО «Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М.Ф. Решетнева»
г. Красноярск

В работе показано, что представление процесса размола как механохимического позволяет сформулировать математическую модель динамики на основе принципов формальной кинетики, что позволяет получить замкнутое математическое описание динамики размола волокнистых полуфабрикатов.

Введение

Термин "механохимия" впервые введен Оствальдом в "Книге по общей химии". В последней он рассматривал различные методы инициирования химических процессов [1]. Этот термин относится к процессам, в том числе и химическим реакциям, инициированным любого типа механической обработкой. Сложились направления, которые условно можно разбить на исследование влияния предварительной механической обработки на реакционную способность - механическую активацию, и изучение реакций, протекающих в условиях механической активации - механосинтез.

Размол – механический процесс, при котором волокна в водной среде испытывают расщепляющие и режущие воздействия. Цель размола – структурные изменения клеточной стенки волокна, посредством применения механической энергии и пластифицирующего воздействия водной среды. Один из главнейших эффектов процесса размола целлюлозы – «раскрытие» внутренней структуры волокон. Волокна целлюлозы сплющиваются и становятся более гибкими, что делает их более подходящими для построения межволоконных связей [2-4].

При размоле массы механические процессы вызывают измельчение волокон и обуславливают структуру бумаги, а коллоидно-физические явления, происходящие в результате взаимодействия воды и целлюлозы – связь волокон в бумаге. Размол целлюлозных волокон можно условно разделить на четыре стадии [2-5].

Первая стадия – разрушение межволоконных связей внутри клеточной стенки и образование зон смещения структурных элементов в волокнах, в результате чего возникают микротрещины, в которые проникает вода, в дальнейшем вступающая во взаимодействие со свободными гидроксильными группами целлюлозного комплекса. Расклинивающее действие воды обуславливает более глубокое расщепление клеточной стенки при размоле, увеличивая гибкость и пластичность волокон.

Вторая стадия – частичное разрушение внешнего слоя S1 и вторичной стенки S2, и ее отслоение вместе с первичной стенкой P.

Третья стадия – набухание стенки S2 в области образовавшихся зон смещений. Этот процесс может начаться только после разрушения наружной оболочки слоя S1.

Четвертая стадия – частичное разрушение водородных связей между фибриллами стенки S2 (наружное фибриллирование), быстрое нарастание удельной внешней поверхности и оводнение волокон [4-7].

Таким образом, размол можно отнести к такому направлению механохимии, как механическая активация, результатом которой является подготовка поверхности

целлюлозы к образованию межволоконных связей, приданию волокнам связываться между собой в прочный бумажный лист.

Результаты и обсуждение

Исходя из представления о размоле как о механохимическом процессе, динамику размола можно представить, по аналогии с формальной кинетикой, следующей кинетической схемой:

$$A \xrightarrow{K_1} B \xrightarrow{K_2} C \xrightarrow{K_3} D \xrightarrow{K_4} E\,, \qquad (1)$$

которой соответствует выписанная ниже система дифференциальных уравнений, моделирующих динамику размола. Здесь A, B, C, B, E - степени превращения волокна на соответствующей стадии процесса.

$$\begin{aligned}
\frac{dA}{dt} &= -K_1 A \\
\frac{dB}{dt} &= K_1 A - K_2 B \\
\frac{dC}{dt} &= K_2 B - K_3 C \\
\frac{dD}{dt} &= K_3 C - K_4 D \\
\frac{dE}{dt} &= K_4 D
\end{aligned} \quad . \qquad (2)$$

Начальные условия: $A(0)=A_0$; B(0)=0; C(0)=0; D(0)=0; E(0)=0.

Это система линейных дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами и ее решение имеет стандартный, хотя и несколько громоздкий вид.

$$A(t) = A0e^{-k1t} \quad , \qquad (3)$$

$$B(t) = \left(-\frac{A0\,k1\,\mathrm{e}^{-t\,(k1-k2)}}{k1-k2} + B0 \right) \mathrm{e}^{-k2\,t} \quad , \qquad (4)$$

$$C(t) = \left(-\frac{k2\left(\frac{A0\,k1\,\mathrm{e}^{-t\,(k1-k3)}}{-k1+k3} - \frac{B0\,k1\,\mathrm{e}^{-t\,(k2-k3)}}{-k2+k3} + \frac{B0\,k2\,\mathrm{e}^{-t\,(k2-k3)}}{-k2+k3} \right)}{k1-k2} + C0 \right) \mathrm{e}^{-k3} \quad , \qquad (5)$$

$$D(t) = (\frac{1}{(k1-k3)(k2-k3)(k1-k3)}(-k3(-\frac{C0(k1-k2)(k1-k3)(k2-k3)e^{-t(k3-k4)}}{-k3+k4} + \\ + k2(\frac{B0(k1-k3)(k1-k2)e^{-t(k2-k4)}}{-k2+k4} - \frac{A0k1(k2-k3)e^{-t(k1-k4)}}{-k1+k4})) + D0)e^{-k4t} \quad , \qquad (6)$$

$$E(t) = -\frac{1}{(k3-k4)(k2-k4)(k1-k4)(k1-k3)(k2-k3)(k1-k2)}\cdot$$
$$(k4(\frac{1}{k4}(D0(k1-k2)(k1-k3)(k2-k3)(k3-k4)(k2-k4)(k1-k4)e^{-k4t}) +$$
$$+k3(-\frac{C0(k2-k4)(k2-k3)(k1-k4)k1-k3)(k1-k2)e^{-k3t}}{k3} + (k3-k4)e^{-k4t})\cdot \quad (7)$$
$$k2(\frac{B0(k1-k4)(k1-k3)(k1-k2)e^{-k2t}}{k2} - A0(k2-k4)(k2=k3)e^{-k1t}))))+E0$$

В эксперименте, как правило, наблюдается зависимость степени помола, выраженная в градусах помола от времени. Полагая, что градус помола S^0 есть непрерывная функция от степени превращения на каждой из стадий изменения волокна при размоле, можно, очевидно, представить эту функцию в виде разложения в степенной ряд в окрестностях нуля:

$$S^0 = S_0^0 + r_A A + r_B B + r_C C + r_D D + r_E E + R(A, B.C.D.E). \quad (8)$$

Здесь $R(A.B.C.D.E)$ часть ряда, содержащая степени независимых переменных выше первой. В линейном приближении можно считать R(A,B,C,D,E)=0. Тогда

$$S^0 = S_0^0 + r_A A + r_B B + r_C C + r_D D + r_E E, \quad (9)$$

где A, B, C, D, E выражения (3-7) соответственно.

В принципе, из полученных уравнений, при наличии экспериментальных данных, можно попытаться найти значения неизвестных параметров, входящих в решения (3-7). Однако громоздкость полученного решения заставляет искать возможность получения "альтернативного" уравнения, моделирующего динамику размола.

Из (3-9) нетрудно усмотреть, что после ряда преобразований

$$S^0 = Const_0 + Const_1 e^{-k1t} + Const_2 e^{-k2t} + Const_3 e^{-k3t} + Const_4 e^{-k4t}. \quad (10)$$

Здесь $Const_i$ есть комбинации из эффективных "констант" динамики размола ki для каждой стадии процесса, начальных условий и постоянных системы (2). Составляя функционал невязки для представленного уравнения и экспериментальных данных и решая соответствующую экстремальную задачу оказывается возможным найти значения входящих в (10) констант $Const_i$.

Таким образом представление размола как механохимического процесса позволяет подойти к его моделированию на основе принципов формальной кинетики с получением замкнутого математического описания в виде системы дифференциальных уравнений динамики.

Библиографические ссылки:

1. Ostwald W. Lehrbuch der allgemeinen Chemie / W. Ostwald. - Bd. 2 Stöchiometrie. - Leipzig: Engelmann, 1981. - 1163 S.

2. Иванов, С. Н. Технология бумаги, третье издание /С. Н. Иванов// ISBN 5-86472-161-1, школа бумаги, Москва 2006. – с. 23, 36-39, 42, 57, 59, 68-69, 382-384.
3. Paulapuro, H. Papermaking science and technology, Book 8, Papermaking: part 1, stock preparation and wet end, chapter four, refining of chemical pulp /H. Paulapuro, J. Lumiainen// ISBN: 952-5216-08-X, Otaniemi, 2000. – p. 87-97, 105, 106, 115-117, 194-206.
4. Batchelor, W. J. Refining and the development of fibre properties /W. J. Batchelor, K. A. Kure, D. Ouellet// Nordic pulp & paper research journal. ─ vol. 14. ─ № 4, 1999. – p. 285-286.
5. Технология целлюлозно-бумажного производства, том 2, часть первая, технология производства и обработки бумаги и картона, ВНИИБ, издательство Политехника, Санкт-Петербург, 2005. – с. 36, 37.
6. Акулов, Б. В. Производство бумаги и картона /Б. В.Акулов, С. Г. Ермаков// учебное пособие, издательство Пермского государственного технического университета, Пермь, 2010. – с. 33, 35.
7. Легоцкий, С. С. Размалывающее оборудование и подготовка бумажной массы /С. С. Легоцкий, В. Н. Гончаров// Москва, Лесная промышленность, 1990. – с. 6-7.

УДК 811

А.Н. Баранов
И. Халматов
С.О. Медведев

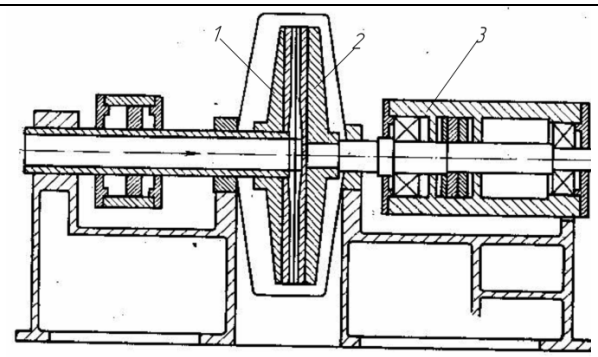
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАЗМОЛА ДРЕВЕСНОЙ ВОЛОКНИСТОЙ МАССЫ

В статье рассматриваются отдельные аспекты моделирования процесса размола древесной волокнистой массы.

Размол волокнистых полуфабрикатов является одним из важных процессов получение древесноволокнистого полуфабриката на современном этапе производстве ДВП мокрым способом является достаточно энергоемким и составляет в общей себестоимости готовой продукции порядка 65 %.

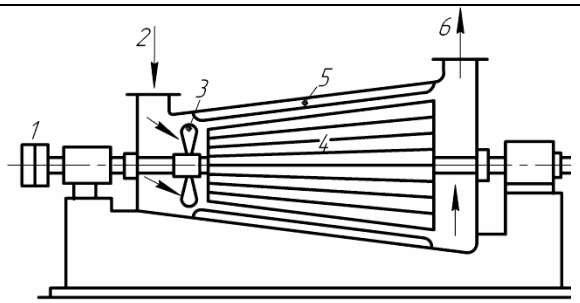
Древесной массой называются волокнистые полуфабрикаты, вырабатываемые путем механического разделения древесины на волокна. В зависимости от используемой технологии процесса выработки древесной массы различают [1]:

- древесную массу, вырабатываемую из балансов (дефибрерная древесная масса);
- древесную массу, вырабатываемую из щепы (механическая древесная масса). Древесная масса из щепы может быть легко подвергнута предварительной тепловой и химической обработке перед размолом. Принято выделять три основные группы древесной массы [2]:
- рафинерная механическая масса (РММ);
- термомеханическая масса (ТММ);
- химико-механическая масса(ХММ)



1 – статорный диск; 2 – роторный диск; 3 – механизм присадки

а – схема рафинатора



1 – привод, 2 – подача материала, 3 – лопасти винта, 4 – конический ротор, 5 – статор, 6 – выход материала, 7 – маховик настройки

б – схема конической мельницы

Рисунок 1 – Схемы размалывающих агрегатов применяемых в производстве ДВП на второй ступени размола

Размол – это процесс механической обработки растительных волокон в присутствии воды. Он выполняется в специальных размалывающих машинах – мельницах. Размол волокнистых полуфабрикатов является одним из самых важных процессов бумажного производства. Он позволяет достаточно сильно менять многие свойства дерева. Размол волокон производится в машинах непрерывного действия (конические, цилиндрические и дисковые мельницы). Эти размалывающие аппараты объединяет то, что, работа их основана на принципе скрещивающихся ножей и трущихся поверхностей[2].

Волокна проходят между ножами размалывающих машин и подвергаются воздействию механических и гидродинамических сил, которые приводят к тому, что протекают сложные физико-химические и коллоидные процессы в структуре волокон. В результате происходит рубка волокон, поверхностное расщепление и расчесывание в продольном направлении фибриллярной структуры клеточной стенки на фибриллы (поверхностное фибриллирование), а также набухание и гидратация волокон. Все волокна в итоге становятся более мягкими. Они имеют повышенную эластичность и повышенную пластичность. В результате фибриллирования между отдельными фибриллами клеточной стенки волокон ослабляются и разрушаются связи. Так на поверхности фибрилл образуется так называемый начес тонкого пухообразного материала, который состоит из целлюлозных молекул. В результате этого увеличивается удельная поверхность волокон, а также увеличивается число свободных гидроксильных групп, которые способствуют лучшему контакту и хорошему соединению отдельных волокон в лист бумаги. Увеличение удельной поверхности волокон и высвобождение гидроксильных групп повышает способность волокон удерживать воду.

От различного режима размола в итоге можно получить бумажную массу различной степени помола, начиная от низкой степени, так называемая садкая масса, и до высокой степени, т.е. жирная масса. Для того, чтобы получить садкую массу размол ведут в режиме, который обеспечивает преимущественно рубку волокон над поверхностным фибриллированием. В результате процесса формования бумажного листа масса с низкой степенью помола, то есть садкая масса, оседает на сетке, легко обезвоживается и достаточно быстро образует рыхлую и пористую структуру листа.

Высокую степень помола массы, так называемая жирная масса, характеризуется преобладанием фибриллированных волокон с хорошо разработанной поверхностью. Они труднее обезвоживаются на сетке бумагоделательной машины и в итоге образуют плотную, сомкнутую и достаточно прочную структуру волокна. Характер помола древесной массы выбирают в зависимости от вида и в зависимости от качества вырабатываемой древесины.Способ переработки древесных отходов в производстве древесноволокнистых плит, включающий измельчение древесных кусковых отходов, отличающийся тем, что в качестве древесных кусковых отходов используют инактивированные волокносодержащие отходы производства и/или технологический брак ДВП, которые дозированно подаются на послойное сухое измельчение в зазоре между ножами ротора и контрножом статора, с последующим истиранием, фибрилляцией, сепарированием на колосниковой решетке с получением внешне и внутренне фибриллированного волокна, способного к связеобразованию[3].

Таким образом, анализ литературных и экспериментальных данных показал, что эффективность процесса подготовки древесноволокнистых полуфабрикатов зависит от большого количества технологических и конструктивных параметров процесса размола. В ходе проведенного анализа были выявлены такие параметры процесса размола, которые оказывают значительное влияние на качественные и морфологические характеристики получаемого древесноволокнистого полуфабриката и, соответственно, на физико-механические свойства готовой продукции.

Библиографический список

1. Карасев, Е.И. Развитие производства древесных плит / Е.И. Карасев. – М.: МГУЛ, 2002. - 127 с.
2. Комплексная химическая переработка древесины / И.Н. Коверинский [и др.]. – Архангельск: АГТУ, 2002. – 347 с.
3. Леонович, А.А. Технология древесных плит: прогрессивные решения / А.А. Леонович. – СПб.: ХИМИЗДАТ, 2005. – 208 с.

УДК 633*88

А.А. Атаманов

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО РЕЖИМА ВЫПАРИВАНИЯ ВОДНОЭТАНОЛЬНОГО ЭКСТРАКТА РЯБИНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М.Ф. Решетнева»
г. Красноярск

Описано определение оптимального режима выпаривания водноэтанольного экстракта рябины обыкновенной.

В последние годы все большее применение находят продукты, получаемые из растительного сырья, в частности, из дикоросов, содержащие комплекс биологически активных веществ.

Предварительные исследования показали, возможность использования водноэтанольного экстракта для получения концентрата. С целью подтверждения этой возможности необходимо было исследовать процесс выпаривания; найти оптимальный

режим проведения процесса выпаривания, обеспечивающий максимальное содержание биологически активных веществ.

Для определения оптимального режима выпаривания экстракта рябины обыкновенной реализован план на кубе (Ко-2), который включает небольшое число опытов и имеет достаточно хорошие статистические характеристики. Воспроизводимость опытов оценивали по критерию Кохрена, значимость коэффициентов уравнения регрессии по критерию Стьюдента, адекватность регрессионных моделей по критерию Фишера.

После тщательного отбора переменными факторами были выбраны следующие технологические параметры:

X_1 – остаточное давление, кгс/см^2;

X_2 – температура греющего агента, ^{0}C.

Значения переменных факторов варьировались на двух уровнях (таблица 1)

Таблица 1 – Уровни варьирования факторов

Переменные факторы	Остаточное давление X_1, кгс/см^2	Температура греющего агента, X_2, ^{0}C
Основной уровень X_i^o	0,35	85
Шаг варьирования λ_i	0,15	15
Верхний уровень $X^{(+)}$	0,50	100
Нижний уровень $X^{(-)}$	0,20	70

В качестве выходных параметров были выбраны следующие:

Y_1 – содержание витамина С, %;

Y_2 – содержание Р-активных веществ, %;

Y_3 – содержание антоцианов, %;

Y_4 – содержание дубильных веществ, %;

Y_5 – содержание флавоноидов, %;

Y_6 – концентрация экстрактивных веществ, %.

Данные эксперимента были обработаны в программе Statgrafics 5.1. получены следующие уравнения в кодированных значениях переменных:

$$Wa = -1{,}40 + 3{,}88X_1 + 0{,}02X_2 - 0{,}05X_1X_2;$$

$$Wg = 2{,}56 + 1{,}62X_1 - 0{,}67X_2 - 2{,}31X_1^2 + 0{,}0005X_2^2.$$

Оптимизация проведена с использованием как среднеарифметического Wa, так и среднегеометрического Wg параметров. Поверхности отклика Wg и Wa представлены на рисунке 1.

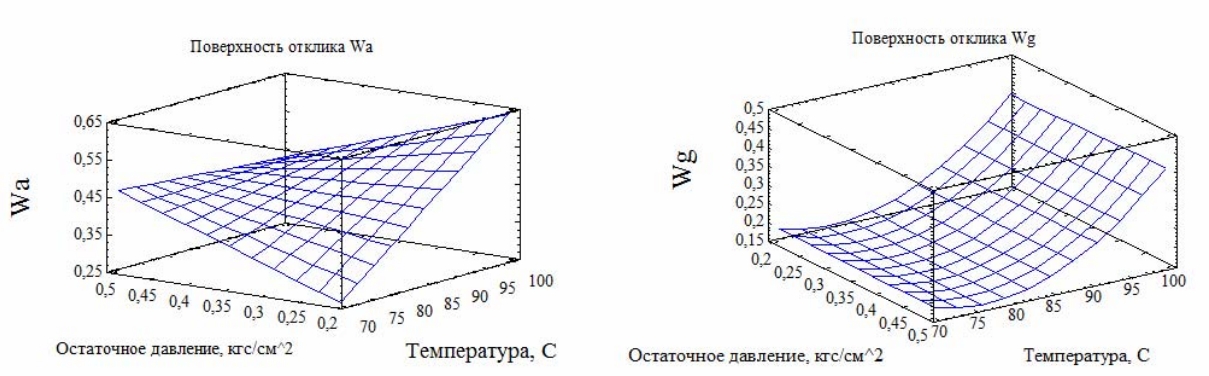


Рисунок 1 – Поверхности отклика Wa и Wg

Как видно по рисункам, оптимальное значение с использованием Wa составило 0,64, оптимальные значения остаточного давления 0,2 кгс/см^2 и температуры 100 ^{0}С. При использовании параметра Wg оптимальное значение составило 0,42, оптимальные значения температуры 100 ^{0}С и остаточного давления 0,2 кгс/см^2.

Сравнив между собой результаты оптимизации можно убедиться, что все оба варианта привели к мало отличающимся решениям.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что выпаривание водноэтанольных экстрактов следует вести при температуре 100 ^{0}С и остаточном давлении 0,2 кгс/см^2.

Библиографический список:

1. Атаманов, А.А. Исследование поведения биологически активных веществ рябины обыкновенной при концентрировании экстрактов [Текст] / А.А. Атаманов, Б.Д. Левин // Лесной и химический комплексы – проблемы и решения. Сборник статей по материалам Всероссийской научно-практической конференции. Том 1 – Красноярск: СибГТУ, 2015. – С 301 – 304.
2. Пен, Р.З. Статистические методы в целлюлозно-бумажном производстве [Текст] / Р.З. Пен, Э.М. Менчер – М.: Лесн. пром-сть, 1973. – 120 с.
3. Пен, Р. З. Планирование эксперимента в Statgraphics [Текст] / Р. З. Пен. – Красноярск: СибГТУ – Кларетианизма, 2003. – 246 с.

УДК 676.024.6

Р.А. Марченко
В.И. Шуркина
Р.А. Садыков

ОСОБЕННОСТИ БЕЗНОЖЕВОЙ ОБРАБОТКИ ВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М.Ф. Решетнева»
г. Красноярск

В статье проанализированы силовые факторы возникающие при обработке различных волокнистых материалов в безножевой установке типа «струя-преграда».

Одним из экологически перспективных и экономически привлекательных путей наращивания производства бумаги является использование в ее композициях вторичных

волокон (оборотный брак, макулатура). Использование вторичного волокнистого сырья для производства бумаги и картона приводит к расширению сырьевой базы и уменьшению зависимости промышленных предприятий от обеспечения первичным волокнистым сырьем.

В зависимости от способов производства волокнистых полуфабрикатов, исходного состояния сырья и с учетом переработки вторичного сырья применяются различные виды ножевого и безножевого размалывающего оборудования.

Наибольшее распространение в настоящее время получили ножевые размалывающие машины, такие как конические и дисковые мельницы. Однако в таких машинах волокна подвергаются сильным рубящим воздействиям и раздавливанию, что в конечном итоге приводит к снижению прочностных показателей готовой продукции и значительно затрудняет использование в производстве коротковолокнистых лиственных пород древесины и оборотного брака.

Безножевой размол, по сравнению с ножевым, обеспечивает более мягкий, щадящий режим обработки, что особенно важно для волокнистой суспензии из оборотного брака, которая уже однажды претерпевала стадию размола [1].

Постоянное совершенствование процесса размола и оборудования обусловлено, прежде всего, необходимостью обеспечения требуемого качества готовой продукции; при снижении качества волокнистого сырья и полуфабрикатов, а также постоянным стремлением к снижению чрезмерно большого расхода энергии на размол.

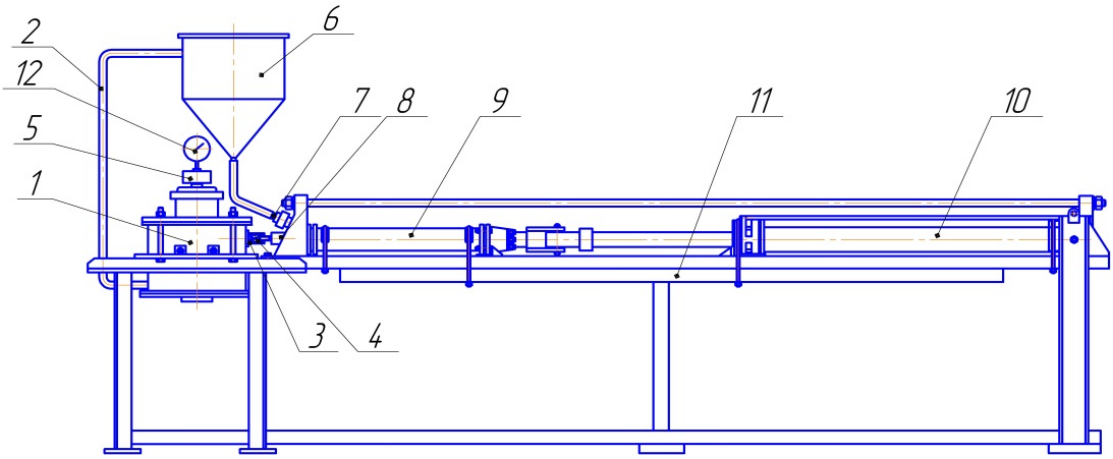
Безножевые способы обработки волокнистой массы, еще недостаточно изучены. Поэтому при работе на аппаратах этого вида, наряду с получаемыми высокими физико-механическим показателями получаемой продукции, затраты электроэнергии на размол еще значительны [1].

При анализе факторов, влияющих на разработку волокна в установке струя-преграда (рисунок 1), можно предположить, что определяющим являются кавитационные явления, имеющие место при контакте струи суспензии с преградой. К сожалению, до настоящего времени не в полной мере изучены процессы, протекающие при контакте струи суспензии с подвижной преградой, являющейся в безножевой установке лопастями турбины.

При использовании безножевого способа размола мы стремимся усилить положительные факторы гидродинамических процессов на качество размола волокнистых материалов и снизить затраты электроэнергии, до пределов близких к ножевым машинам. Для этого следует выяснить теоретические зависимости влияния конструктивных особенностей подвижной преграды на процесс размола, в частности необходимо определить влияние скорости истечения струи волокнистой суспензии из насадки, скорости вращения подвижной преграды, геометрических параметров подвижной преграды и частоты контактов струи суспензии с приемными элементами подвижной преграды [2, 3].

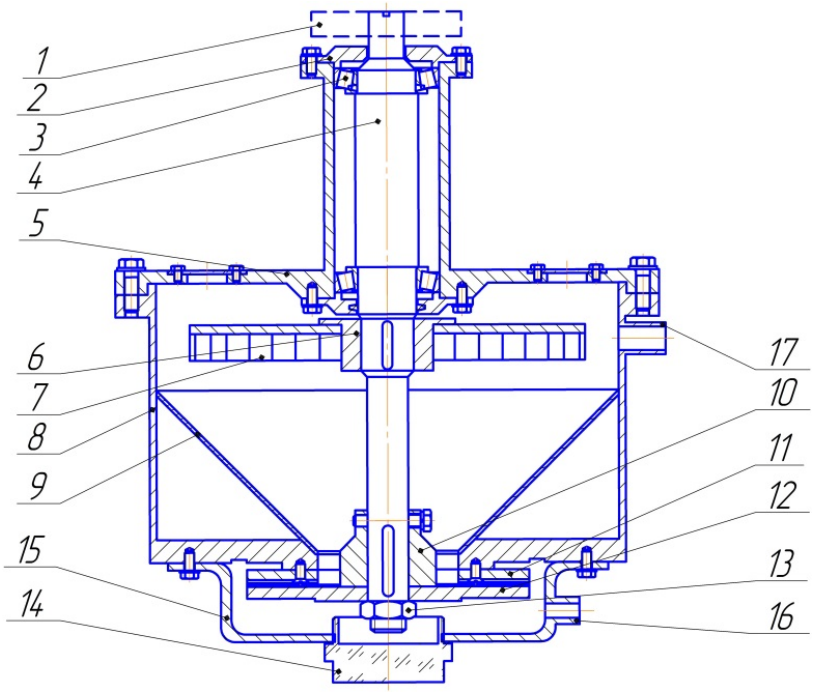
Исходя из теоретических исследований и анализа силовых воздействий на волокно выяснилось, что при наличии преграды основными силовыми факторами процесса размола являются: удар струи волокнистой суспензии о неподвижную преграду и механизм разрушения волокна, связанный с кавитационным эффектом при контакте струи суспензии с преградой.

С использованием подвижной преграды (рисунок 2) появляется ряд факторов, влияющих на интенсивность размола, в частности геометрические параметры подвижной преграды, определяющие частоту контакта струи суспензии с ее элементами, скорость истечения струи, окружная скорость вращения подвижной преграды [4].



1 – узел безножевого размола; 2 – трубопровод возврата; 3 – раструб; 4 – насадка; 5 – тормозное устройство; 6 – емкость; 7 – всасывающий клапан; 8 – выпускной клапан; 9 – рабочий цилиндр; 10 – приводной цилиндр; 11 – рама; 12 – тахометр.

Рисунок 1 - Схема экспериментальной установки «струя-преграда».



1 - тормозное устройство; 2 - крышка подшипника; 3 – подшипник; 4 – вал; 5 – крышка корпуса; 6 – ступица турбины; 7 – турбина; 8 – корпус; 9 – конус; 10 – ступица подвижного диска ножевой гарнитуры; 11 – неподвижный диск ножевой гарнитуры; 12 – подвижный диск гарнитуры; 13 – прижимная гайка; 14 – крышка; 15 – днище; 16 – патрубок выхода волокнистой массы; 17 – патрубок подачи волокнистой массы.

Рисунок 2 - Узел безножевого размола.

В целом влияние вышеуказанных параметров можно объединить в так называемый комплексный параметр работы безножевой установки, который, на наш взгляд, и должен

объяснять механизм процесса размола при этом способе обработки волокна [5].

Понимая, что на процесс размола оказывает влияние скорость истечения струи, геометрические параметры турбины, количество лопастей турбины и скорость вращения турбины, необходимо найти между ними зависимость, которая может выражаться в определении комплексного параметра эффективности процесса размола. Который можно описать как

$$P = \frac{2 \cdot \pi \cdot V_{стр} \cdot r}{z \cdot V_{пр}}, \quad (1)$$

где $V_{пр}$ – скорость вращения подвижной преграды, м/с;

r - радиус подвижной преграды, м.

Таким образом, комплексный параметр эффективности процесса размола зависит от скорости истечения струи суспензии, геометрических параметров приемного устройства и скорости его вращения.

Механизм воздействия на волокно в установке зависит от многих факторов, в числе которых немаловажную роль играет частота контактов струи с преградой.

Глубокая же степень разработки, в конечном счете, зависит от энергии удара струи волокнистой суспензии и числа ее соударений о преграду [1, 2].

Повышение скорости струи волокнистой суспензии обычными способами связано со значительными энергозатратами и конструктивными усложнениями. К тому же, исходя из теоретических расчетов, видно, что изменение скорости истечения струи волокнистой суспензии оказывает менее значительное влияние на комплексный параметр, чем изменение геометрических параметров приемного устройства, в частности изменение количества лопастей. Поэтому более предпочтительным представляется возможность регулировать значение комплексного параметра эффективности размола волокнистых полуфабрикатов в безножевой размольной установке с учетом конструктивных особенностей приемного устройства (диаметр турбины, количество лопастей на турбине) и скорости вращения подвижной преграды.

Из теоретических расчетов видно, что комплексный параметр эффективности процесса размола влияет на величину импульса струи волокнистой суспензии, возникающий в момент контакта струи с элементами подвижной преграды, а также на количество этих контактов, а это в свою очередь оказывает существенное влияние на интенсивность процесса размола волокнистой суспензии [2].

При ударе струи суспензии о преграду возникает воздействие, которое оказывает влияние на волокно. Если это воздействие превышает предел прочности волокна, то оно приведет к локальным нарушениям его структуры.

Библиографический список:

1. Алашкевич Ю. Д., Гидродинамические явления при безножевой обработке волокнистых материалов: монография / Ю. Д. Алашкевич, Н. С. Решетова, А. И. Невзоров, А. П. Барановский. - Красноярск, 2004. – 80 с.

2. Марченко Р. А., Интенсификация безножевого размола волокнистых полуфабрикатов / Р. А. Марченко, В. И. Шуркина, Ю. Д. Алашкевич // Хвойные бореальной зоны. – 2014. – Т. 32, №1-2. – С. 74 – 77.

3. Марченко, Р А. Сравнительный анализ качественных показателей вторичного волокнистого сырья от способа размола / Р. А. Марченко, Ю. Д. Алашкевич //

Новые достижения в химии и химической технологии растительного сырья: материалы VI Всерос. конф. – Барнаул: АГУ, 2014. – С. 390 – 392.
4 Патент № 2365692. Российская Федерация. МПК D21C 1/00, B02C 19/00. Установка для измельчения волокнистого материала [Текст] / Ю.Д. Алашкевич, В.И. Ковалев, А.И. Невзоров, Р.А. Марченко – № 2008113912. Заявл. 2008113912/12, 08.04.2008; Опубл.27.08.2009. Бюл. № 24. - 8 с.
5 Марченко, Р.А. Определение приведенного шага рабочего колеса подвижной преграды безножевой размольной установки и влияние его на производительность / Р.А. Марченко, А.А Ерофеева, Ю.Д. Алашкевич // Лесной и химический комплексы - проблемы и решения: сб. ст. по материалам всерос. науч.-практ. конф. – Красноярск: СибГТУ, 2012. – Т.2. – С. 76 – 80.

УДК 676.1.054.1

В.И. Ковалев
Ю.Д.Алашкевич

ОСОБЕННОСТИ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ВОЛОКНИСТЫЙ МАТЕРИАЛ В РАЗЛИЧНЫЕ ПЕРИОДЫ ВРЕМЕННОГО ЦИКЛА

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М.Ф. Решетнева»
г. Красноярск

*Рассмотрен **по** периодам временной цикл силового воздействия на волокнистый материал, попавший в зону*
точки скрещиввания режущих кромок ножей ротора и статора, в процессе их сближения.

Описан каждый из периодов временного цикла.

Приведены и проанализированы три концепции объяснения значимости периодов в процессе размола с учётом
существенных отличительных признаков, присущих каждому из них.

В результате анализа сделано предположение, что авторы концепций в своих работах только пытаются ответить на некоторые из общего ряда вопросы, не учитывая сопутствующие причинные, первичные факторы, оказывающих значительное влияние на механизм возникновения силового воздействия.

Подведен предварительный итог, сделаны выводы.

Значительное место в изучении механики размола в ножевых машинах занимает характер распределения и соотношения различных силовых компонент. В ряде известных работ высказывается мнение, что по характеру силового воздействия на волокнистый материал процесс размола обусловливается двумя факторами: *гидродинамическим* и *механическим*.

Гидродинамический фактор размола связан с явлениями, оказывающими гидродинамическое силовое воздействие на волокнистый материал и делящимися на следующие группы:
– характер режимов движения в межножевых канавках потоков волокнистой суспензии различной концентрации, обусловленных её свойствами и особенностями поведения, в зависимости от напора и скорости;

– кавитация, обусловленная эффектом возникновения в жидкой фазе вакуум – пузырьков, их развитием и, при определённых условиях, дальнейшим схлопыванием, активно воздействующим на находящиеся вблизи пучки волокон;
– пульсационное воздействие, обусловленное циклически чередующимися мгновенными перепадами гидравлического давления, с одновременным распространением в жидкой фазе суспензии, с достаточно большой скоростью, волн давления и разряжения;
– ударное воздействие, обусловленное столкновениями движущихся относительно друг друга потоков волокнистой суспензии в межножевых канавках ротора и статора и соударениями их с твёрдыми фрагментами размалывающих элементов гарнитуры;
– гидродинамическое трение, обусловленное вязкостью суспензии и градиентом скорости между её слоями.

Механический фактор размола связан с силовым воздействием на волокнистый материал, сопровождающимся сложной деформацией волокон в виде совместно действующих сил сжатия, кручения и сдвига, обусловливающих, соответственно, раздавливание, расщепление в продольном направлении, разделение и фибриллирование волокон, придающее им гибкость и пластичность.

Указанные факторы оказывают существенное влияние на качество разработки волокна в процессе продвижения суспензии через рабочую межножевую полость, образованную сопряжёнными размалывающими поверхностями неподвижной гарнитуры статора и вращающейся – ротора.

Однако известно, что доля влияния каждого из этих факторов различна. Так, например, по результатам экспериментальных исследований и практических наработок установлено, что при размоле волокнистых материалов в ножевых машинах с традиционным конструктивным исполнением рисунков сопряжения рабочих поверхностей гарнитур доля энергии, затрачиваемой на гидродинамическое воздействие, значительно ниже, чем на механическое [30, 63].

В то же время исключением из этого правила являются конструктивные решения гарнитур, снабжённых, с целью интенсификации *гидродинамического* фактора, усложнённым радиальным и осевым профилями ножевой поверхности.

В связи с этим представляется, что в ножевых машинах более актуальной задачей следует признать изучение *механического* фактора размола.

Временной *цикл* силового воздействия на волокнистый материал, попавший в зону действия скрещивающихся режущих кромок ножей ротора и статора, в процессе их сближения, состоит из трех периодов.

Первый период связан с воздействием подвижной и неподвижной режущих кромок на волокнистый материал, находящийся непосредственно перед точкой их скрещивания.

Второй период обусловливается явлениями, происходящими непосредственно в точке скрещивания режущих кромок ножей ротора и статора, а также при последующим проникновении нависших на них волокнистых наслоек в межножевой зазор.

Существенной отличительной особенностью является то, что и в *первый* и во *второй* периоды рабочие поверхности ножей ротора и статора ещё не сопряжены.

Третий период обусловливается явлениями, происходящими за точкой скрещивания, при силовом воздействии на заполняющий межножевой зазор волокнистый материал, оказываемом со стороны сопряжённых рабочих поверхностей ножей ротора и статора. На этой стадии воздействие на бумажную массу в ножевых машинах осуществляется за счёт сил сжатия и сдвига].

Существует три концепции объяснения значимости каждого из *трёх* периодов в процессе размола.

Первая концепция. В ряде известных работ, связанных с исследованиями в данном направлении, авторы объясняют смысл получаемых результатов характером *механического* фактора силового воздействия на волокна, имеющего место в *третий* период цикла, т. е. в зазоре, образованном сопряжёнными рабочими поверхностями ножей ротора и статора.

Существенной отличительной особенностью *третьего* периода является то, что силовое воздействие, оказываемое на заполняющий межножевой зазор волокнистый материал, раскладывается на две составляющие, действующие в двух взаимно перпендикулярных плоскостях:

– осевая, представляющая собой нормальную силу сжатия материала;

– горизонтальная, представляющая собой тангенциальную силу, часть которой уравновешивается реакцией сопротивления сдвигу близко расположенных слоев волокон, а оставшаяся часть, напротив, принуждает их сдвигаться относительно друг – друга.

Горизонтальная составляющая действует в направлении вращения роторного диска и фактически является окружным усилием, приложенным к произвольной точке рабочей поверхности ножа ротора в месте её сопряжения через слой волокнистого материала, с произвольной точкой рабочей поверхности ножа статора.

Характер действия каждой из составляющих на волокнистый материал, находящийся в зазоре, образованном рабочими поверхностями ножей, достаточно детально описан в ряде известных работ.

В связи с этим, на основании анализа, проведённого по известным источникам, можно констатировать факт, что *третий* период на данный момент изучен достаточно глубоко.

Вторая концепция. В ряде других известных работ высказывается вторая точка зрения, заключающаяся в том, что основное воздействие на массу оказывается главным образом со стороны рабочих кромок ножей в *первый* период цикла, а между их поверхностями оно практически отсутствует. При этом силовое воздействие со стороны подвижной режущей кромки ножа ротора сначала принудительно прикладывается к сжимаемому слою волокнистой массы, в виде окружной силы, а затем через него передаётся неподвижной режущей кромке ножа статора. Практически точка скрещивания режущих кромок всегда находится в поле действия этой силы, поскольку расположена вблизи точек её приложения. В связи с этим, становится актуальной задача выяснения характера действия составляющих окружной силы на волокнистый материал, находящийся вблизи точки скрещивания.

Третья концепция связана с замечанием Дж. Кларка, представляющим большой интерес. Смысл данного замечания сводится к тому, что основное воздействие на материал оказывается во *второй период цикла* непосредственно со стороны рабочих кромок ножей ротора и статора, в момент проникновения комков и сплетений волокон в узкую полость, образованную их сопряжёнными рабочими поверхностями. В процессе дальнейшего исследования это положение может стать важнейшим звеном, гармонично связывающим все три концепции воедино.

Учитывая противоположность рассмотренных *концепций*, можно предположить, что их авторы в своих работах пытаются ответить только на некоторые из общего ряда вопросы, без учёта сопутствующих причинных, *первичных* факторов, оказывающих значительное влияние на механизм возникновения силового воздействия, развивающегося в процессе размола волокнистых материалов. В частности, Дж. Кларк, резюмируя свои замечания, также делает вывод, что, по всей вероятности, верны все

три концепции, в зависимости от регламентирующих условий, учитывающих множество переменных факторов, в частности шероховатость поверхности ножей и их режущих кромок.

В ходе дополнительного поиска результатов исследований по данному заключению была выявлена полезная информация в объёме, позволяющем даже при поверхностном анализе подвести предварительный итог в виде следующих вполне определённых и весьма интересных выводов.

В *первом и во втором периодах*, в отличие от *третьего*, рабочие поверхности ножей ротора и статора ещё не сопряжены.

Первый и *второй периоды* на данный момент изучены недостаточно глубоко.

Характер механизма воздействия на волокна в каждый, отдельно взятый, *период* не одинаков.

Первичное силовое воздействие на волокнистый материал со стороны режущих кромок ножей начинает оказываться в *первый период* временного цикла.

Воздействие на волокнистый материал в последующие *второй* и *третий периоды* является *вторичным*, т. е. в значительной степени зависимым от характера и интенсивности *первичного*.

Изучение механизма силового воздействия на волокнистый материал во *второй период* временного цикла целесообразно отложить до последующих исследований в связи с его *вторичностью*.

Изучение механизма *первичного* силового воздействия в *первый период* временного цикла и анализ его зависимости от характера геометрии рисунка сопряжения ножевых поверхностей подвижной и неподвижной гарнитур становится основной задачей настоящего исследования.

Большой интерес представляет аналитическая оценка характера поведения волокнистых наслоек при силовом воздействии на них режущих кромок, оказываемом в *первый период цикла*.

Аналитическая *оценка* механизма *первичного* силового воздействия режущих кромок на волокнистый материал в *первом периоде цикла* следует изложена в:

– общем виде, т. е детально и достаточно подробно;

– частном виде, т. е. в максимально упрощённом.

Последний вид *оценки* связан с принятием допущения, что силовое воздействие на волокнистый материал оказывается в точке скрещивания. Корректность такого допущения основывается на том, что, как отмечалось выше, реальное расстояние от точек силового воздействия, оказываемого на волокнистый материал со стороны режущих кромок ножей до точки их скрещивания, на самом деле незначительно по величине, особенно при обработке мало концентрированных волокнистых суспензий, что объясняется малой толщиной максимально сжатого слоя волокнистого материала между точками приложения к нему силового воздействия.

Библиографический список:

1 Легоцкий, С.С. Размол бумажной массы / С.С. Легоцкий, Л.Н. Лаптев. – М.: Лесная промышленность, 1981. – С. 93.

2 Оборудование целлюлозно – бумажного производства / под ред. В.А. Чичаева. – М.: Лесная промышленность, 1981. – Т. 1. – С. 365.

3 Эффект трансформирования малоскоростной струи суспензии в высокоскоростную / Ю.Д. Алашкевич [и др.] // Лесной журнал. − 2004. − №5. − С. 98 − 104.

4 Пашинский, В.Ф. Машины для размола волокнистой массы / В.Ф. Пашинский. – М.: Лесная промышленность, 1972. – С.160.

5 Легоцкий, С.С. Размалывающее оборудование и подготовка бумажной массы / С.С. Легоцкий, В.Н. Гончаров. − М.: Лесная промышленность, − С. 222.
6 Кларк, Д. Технология целлюлозы / Д. Кларк. − М.: Лесная промышленность, 1983. − С. 456.

УДК 504.7.062.2

Е.В. Игнатова
М.С. Алмазова

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЧИСТОТЫ СЫРЬЯ КАШТАНА ПОСЕВНОГО

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М.Ф. Решетнева»
г. Красноярск

В работе представлены результаты исследования элементного состава исходного сырья и спиртовых экстрактов из ядра каштана посевного с целью оценки экологической чистоты и перспективности использования.

Несмотря на значительные сырьевые ресурсы каштана посевного (европейского, благородного, съедобного) (Castanea sativa Mill.), данные о его химическом составе весьма ограничены, промышленная переработка плодов не получила должного развития, вопросы технологии съедобного каштана научно не обоснованы и недостаточно изучены [1].

Для оценки возможности использования орехов каштана посевного представляет интерес определение его элементного состава. Неорганические элементы наряду с органическими веществами играют весомую роль в проявлении фармакологического эффекта. Известно, что микроэлементы могут быть активаторами или ингибиторами процессов роста, развития растений и регуляции их продуктивности, выступать как компоненты ферментных систем или их коферментов [2]. Макро- и микроэлементы оказывают также несомненный терапевтический эффект в лечении человека, т.к. находятся в наиболее доступной и усвояемой форме и в наборе, свойственном живой природе в целом [3].

Поступление металлов в организм человека во многом зависит от лекарственной формы, которую получают из лекарственного растительного сырья. Установлено, что наибольшее количество минеральных веществ переходит в водные и водно-спиртовые извлечения (настои, настойки, отвары, свежие соки, жидкие экстракты). Использование многих ценных дикорастущих растений может быть затруднено или ограничено вследствие их способности накапливать токсичные металлы в местах их естественного произрастания или выращивания. Применение загрязненного металлами растительного сырья способно менять физиологические реакции и биохимические показатели организма человека, и в целом приводить к заболеваниям химической природы. Поэтому оценка перспективности растительного сырья с точки зрения экологической чистоты является актуальной уже на начальной стадии его изучения.

Плоды каштана съедобного отбирали в естественных условиях в окрестностях г. Туапсе на расстоянии 10-15 км. Для обеспечения длительного хранения собранные плоды просушивали на солнце и хранили в хорошо вентилируемом сухом помещении. Исследованию подвергали воздушно-сухие ядра каштана, которые составляли от 82 до 84 % от веса плода. Для определения элементного состава проводили атомно-эмиссионный спектральный анализ при помощи многоканального анализатора

эмиссионных спектров «Спектроскан» [4].

С целью получения экстрактов использовали этанол 50 %-ной концентрации (выбор оптимальной концентрации экстрагента исследован ранее) [5].

Результаты определения элементного состава приведены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Элементный состав ядра каштана посевного и спиртовых извлечений из него (мг/кг а.с.с. или сухого остатка извлечений)

Элемент	Сырье		ПДК (СанПиН 2.3.2.560-96)
	ядро	50-% спиртовый экстракт	чай, напитки, мг/кг
Железо (Fe)	101±6	17,3±0,2	–
Калий (K)	11975±1145	78±0,5	–
Кальций (Ca)	9180 ± 470	56±0,5	–
Кремний (Si)	380± 15	1,5±0,2	–
Магний (Mg)	704 ± 35	28±0,5	–
Марганец(Mn)	16 ±0,5	0,06±0,005	–
Медь (Cu)	4,6 ± 0,2	0,011±0,005	–
Мышьяк (As)	4,2 ±0,2	0,03±0,005	10,0
Натрий (Na)	56 ±2	0,12±0,005	–
Ртуть (Hg)	< 0,0001	–	0,005
Свинец (Pb)	0,12 ±0,006	< 0,0001	0,3
Сера (S)	1875±190	15±0,02	–
Фосфор (P)	2955±142	41±0,02	–
Цинк (Zn)	8,9 ± 0,5	0,002±0,0005	10,0

В результате проведенных исследований в пробах сырья обнаружено до 31 макро- и микроэлемента и определено их количественное содержание в процентах к массе.

Полученные результаты позволили установить, что в ядре каштана посевного из химических элементов преобладают железо, кальций, калий, фосфор, цинк, медь, марганец. Особую значимость для лечебно-профилактических препаратов имеют железо, цинк, кальций – элементы, играющие важную роль в обеспечении кровоостанавливающего, противовоспалительного, антифунгального эффектов, стимуляции естественного иммунитета.

Исследование минерального состава лекарственного растительного сырья имеет в настоящее время двойственное значение. С одной стороны, сырье, содержащее богатый комплекс макро- и микроэлементов, представляет ценность как источник необходимых для организма минеральных веществ. С другой стороны, растения – это природные адсорбенты и накопители большинства элементов, в том числе токсических. Получаемая при таких исследованиях информация позволяет получить представление о характере накопления природных элементов в сырье и оценить его значимость для использования.

В настоящее время отсутствуют утвержденные органами санэпиднадзора показатели предельно-допустимых концентраций (ПДК) токсичных элементов в орехоплодном сырье, поэтому полученные результаты сравнивали с ПДК для чая и напитков [6], как наиболее близкие к растительному сырью и экстракционным препаратам из него.

Как показали полученные результаты, даже суммарное содержание тяжелых металлов (Pb, Fe, Ni, Zn, Cu, Hg),в исследуемых объектах не превышает ПДК, принятых для чая и напитков.

Следовательно, можно ожидать, что плоды каштана посевного, не накапливают токсические металлы и могут служить полноценными источниками биогенных элементов в профилактических и лекарственных средствах. Полученные данные могут дополнить научную базу для комплексного использования сырья каштана съедобного. Рациональным решением данного вопроса может быть получение жидких водно-спиртовых экстрактов, содержащих в концентрированном виде БАВ и обеспечивающих направленное действие.

Библиографический список:

1 Ручкина, Н.В. Каштан / Н.В. Ручкина // Химия и жизнь. – 2012. – № 10. – С. 25-27.
2 Пономарев, В.Д. Экстрагирование лекарственного сырья / В.Д. Пономарев. – М.: Медицина, 1976. – 204 с.
3 Гаппаров, М.Г. Функциональные продукты питания:пищевая промышленность / М.Г. Гаппаров. – 2003. – № 3. – 7 с.
4 Методика выполнения измерений массовой концентрации тяжелых металлов в биологических объектах на рентгено-флуоресцентном спектрометре «Спектроскан». – СПб. : ГП ВНИИФТРИ, 1994. – 102 с.
5 Альфонсова, А.В., Буракова А.А., Игнатова Е.В. Химический состав ядра каштана посевного (Castanea Sativa) / А.В. Альфонсова, А.А. Буракова, Е.В. Игнатова // Лесной и химический комплексы – проблемы и решения. Сборник статей по материалам Всеросс. научно-практической конференции. – Красноярск: СибГТУ, 2015. – Том 1. – С. 126-129.
6 СанПиН 2.3.2.560-96. Продовольственное сырье и пищевые продукты. Гигиенические требования к качеству и безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов. – М. : Изд-во стандартов, 1997. – 270 с.

УДК 547.587; 547.022.1

Л.И. Гришечко
Н.М. Микова
Г.П. Скворцова
И.П. Иванов
Б.Н. Кузнецов

ПОЛИМЕРНЫЕ АЭРОГЕЛИ НА ОСНОВЕ ПОЛИФЕНОЛОВ ДРЕВЕСНОЙ КОРЫ

Институт химии и химической технологии СО РАН ФИЦ КНЦ СО РАН
г. Красноярск

Впервые установлена возможность использования полифенольных соединений, выделенных из древесной коры, в качестве потенциального сырьевого источника, подходящего для синтеза органических и углеродных гелей. Изучены текстурные и адсорбционные свойства аэрогелей.

Кора сибирских пород древесины может рассматриваться востребованным сырьевым материалом, генерируемым в значительных количествах в качестве побочного продукта в процессах переработки древесины дерева. Характерной

особенностью химического состава коры лиственницы и берёзы является высокое содержание полифенольных соединений (ПФ), где основную часть полимерных продуктов составляют дубильные вещества и конденсированные таннины [1,2].

Перспективным направлением использования таннинов можно считать их применение в качестве источника для получения пористых материалов с уникальными свойствами - органических и углеродных аэрогелей [3]. Эти материалы с полимерной структурой жестко связанных макрочастиц обладают низкой плотностью, высокой пористостью, высокой удельной поверхностью, низкой теплопроводностью. Благодаря таким свойствам они перспективны для использования в различных областях: в качестве сорбционных материалов, теплоизоляторов, газовых фильтров, носителей катализаторов и др. [4].

Задача настоящего исследования состояла в изучении возможности применения конденсированных полифенолов из древесной коры для получения органических и углеродных аэрогелей и изучения их свойств.

В качестве исходного сырья использовали измельченные кору лиственницы сибирской (*Larix sibirica Ledeb*), а также луб коры березы (*Betula pendula Roth.*) (фракция 1.5–2.0 мм), высушенные до постоянного веса при 105°С. Химический состав коры, определенный по стандартным методикам, приведен в таблица 1.

Таблица 1 - Химический состав древесной коры

Состав, % мас	Кора	
	Лиственницы	Луб березы
Экстрактивные вещества	19,6	21,9
Легкогидролизуемые полисахариды	13,2	23,3
Трудногидролизуемые полисахариды	24,7	22,4
Целлюлоза	25,3	24,5
Лигнин	38,8	34,8

Содержание использованных для приготовления аэрогелей полифенольных (ПФ) веществ в коре лиственнице составляло 11 - 13 % мас, а в лубе коре берёзы – 10 - 12% мас (в пересчете на а.с. кору). Средняя молекулярная масса ПФ лиственницы была 1680, а для луба березы - 1460 (Да).

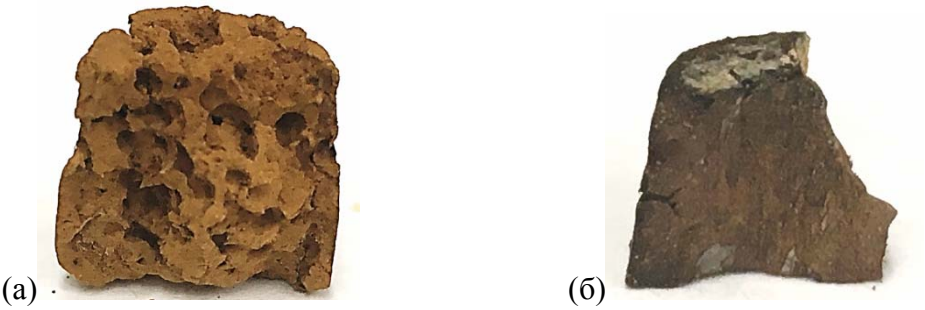
Основные этапы приготовления органического геля включали: смешивание предварительно приготовленного водного раствора полифенола заданной концентрации (40 масс. %) с 40% водным раствором формальдегида в массовом соотношении 1:1, а pH растворов для гелирования варьировали в интервале 4 – 12. Образовавшиеся по истечении 5 суток гели извлекали из пробирок, нарезали и помещали в этанол для замещения воды на спиртовую фазу и удаления побочных продуктов из пор гидрогелей.

Высушивание образцов проводили в условиях чередования пониженных температур, вакуума и нагрева в вентилируемой печи при температуре 90 ˚С в течение 3 – 5 суток.

ИК-спектры снятых на ИК-Фурье спектрометре *Vector* 22 (*Bruker*, США) в области длин волн 400–4000 $см^{-1}$ твердых образцов в виде таблеток в матрице *KBr* исходного ПФ луба и ПФФ аэрогеля показали, что в исследуемом спектре геля сохраняется присутствие полос поглощения (п.п.) при 2929 и 2852 $см^{-1}$,

соответствующих асимметричным и симметричным валентным колебаниям С-Н в метиленовых группах. Совокупность интенсивных п.п. при 1620, 1504 (плечо) и 1456 $см^{-1}$, связанных с колебаниями двойных углеродных связей, сопряженных со скелетными колебаниями ароматического кольца, и дополнительной п.п. при 774 $см^{-1}$, отвечающей за маятниковые колебания − $(CH_2)n$ (n < 4) в полиметиленовых цепочках, с высокой долей вероятности может характеризовать наличие полисопряженных С=С связей в ароматических конденсированных системах [5].

Органические аэрогели, полученные с одинаковым массовым соотношением исходных компонентов полифенолов (танина) и формальдегида (ПФ/Ф), но с различными pH, обозначены как ПФФ 4 – ПФФ 12. Все образцы с pH выше, чем 2, приводили к образованию гелей, и их цвет становился все более темным с увеличением этого показателя. Общий вид органических аэрогелей (в разрезе) представлен на рисунок 1.



(а) (б)

Рисунок 1 - Фотографии органических гелей ПФФ 4 (а) и ПФФ 12 (б).

Полученные результаты показали, что изменение pH исходного раствора компонентов с 4 до 12 оказывает значительное влияние на плотность материалов аэрогельного типа и их общую пористость. Значения кажущейся плотности высушенных органических гелей, ρ ($г/см^3$), рассчитываемую как отношение массы вещества к занимаемому им объёму, изменялись в диапазоне 0,39−0,63 $г/см^3$. Явное различие характера пористости образцов, приведенных на рис. 1 коррелирует с ростом pH раствора для гелирования, приводящим к снижению пористости и увеличению плотности аэрогелей (рисунок 2).

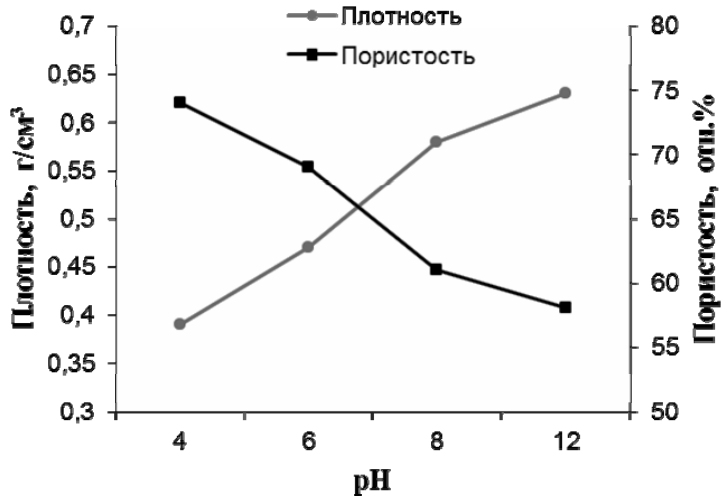


Рисунок 2 - Показатели плотности и пористости аэрогелей на основе ПФ луба березы.

Наличие макропористой структуры в образце ППФ 4 подтверждается его способностью к сорбции органического маркера (желатина), значения сорбционной ёмкости для этого объекта достигают 238,8 г/см^3 против 24,1 г/см^3 - для ППФ 12 (рисунок 3). Одновременно наблюдается значительное повышение сорбционной емкости по метиленовому голубому (МГ), что указывает на большее количество мезо- и микропор в образцах, полученных при более высоких величинах pH.

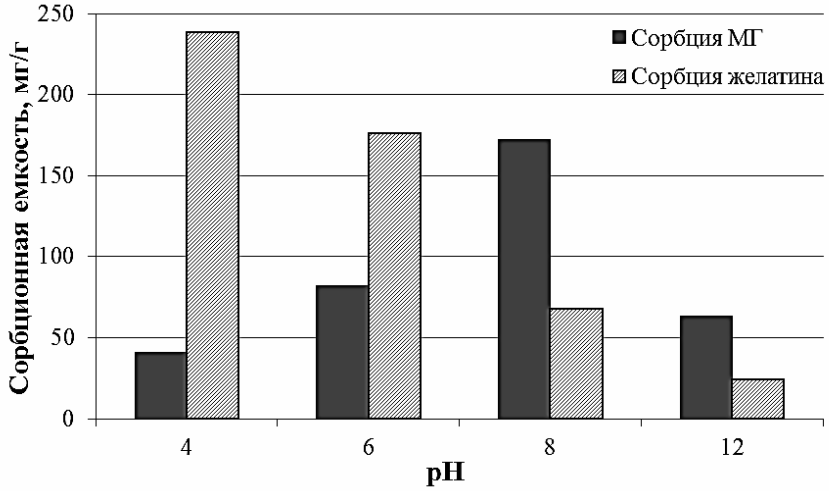


Рисунок 3 - Показатели сорбционной ёмкости органических аэрогелей на основе ПФ луба березы.

Проведенное изучение пористой структуры органических ПФФ гелей методом равновесной адсорбции−десорбции азота при 77 К в диапазоне относительных давлений P/P_0 от 0,005 до 0.995 на анализаторе *ASAP* 2020 (*Micromeritics*, США) показало, полученные объекты относятся к макро/мезопористым материалам [3]. Значения удельного объема пор изученных органических гелей невысоки и составляют 0,02 – 0,12 см^3/г. При этом значение $S_{БЭТ}$ изменяется в интервале от 5 до 15 м^2/г.

Развитие удельной поверхности и объёма пор происходит после карбонизации ОГ ПФФ (900˚С, 2ч., аргон), когда наибольший вклад в $S_{БЭТ}$ вносят микропоры, но значительная часть привносится также и мезопорами. Величина удельной поверхности углеродных аэрогелей возрастает до значений 45-220 м^2/г.

Изменение морфологии поверхности образцов в результате процесса гелирования, изученное с помощью сканирующего электронного микроскопа ТМ 1000 (*Hitachi*, Япония) на примере исходного вещества полифенолов и полученного на его основе органического аэрогеля ППФ 4, представлено на рис 4. Как видно из сравнения изображений, поверхность исходного полифенола грубая, не пористая с отдельными агломератами крупных частиц. На микрофотографии образца ПФФ 4 (Рис.4б) видна сравнительно рыхлая зернистая текстура с отчетливо различимыми микро частицами-глобулами. Установлено, что с ростом pH каркас гелей становится более плотным и компактным, его структуру формируют более мелкие глобулы.

Вероятно, наблюдаемые тенденции связаны не только с изменением значений pH, но и во многом обусловлены условиями сушки ОГ, создающими предпосылки к внутреннему напряжению в каркасе геля и его сжатию.

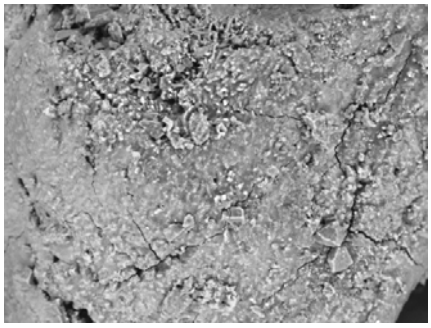
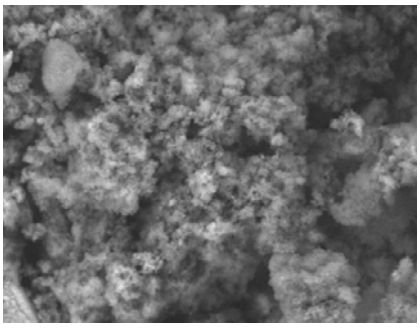
(а)  (б) 

Рисунок 4 - Микрофотографии исходного ПФ (а) и органического аэрогеля ПФФ 4 (б) при увеличении 1000×.

Таким образом, проведенными исследования впервые установлена возможность использования полифенольных соединений, выделенных из луба коры берёзы, в качестве потенциального сырьевого источника, подходящего для синтеза органических и углеродных гелей. Поскольку в коре лиственницы полифенольные дубильные вещества имеют более высокую степень полимеризации, чем в лубе коре берёзы, можно предположить, что более однородный и упорядоченный состав предшественника окажет влияние на улучшение качества получаемых из него гелей.

Работа выполнена при финансовой поддержке фонда РФФИ и Правительства Красноярского края в рамках научного проекта № 16-43-242083.

Библиографический список:

1. Кузнецов Б.Н., Левданский В.А., Кузнецова С.А. Химические продукты из древесной коры. Монография. Красноярск: Сиб. федер. Ун-т, 2012. 260 с.
2. Иванова С.З., Федорова Т.Е., Иванова Н.В., Федоров С.В., Остроухова Л.А., Бабкин В.А. Флавоноидные соединения коры лиственницы сибирской и лиственницы Гмелина // Химия растительного сырья. 2002. - № 4. - С. 5-13.
3. Scherdel C., Reichenauer G. Carbon xerogels synthesized via phenoleformaldehyde gels // Microporous and Mesoporous Materials. 2009. - V. 126. - P. 133-142.
4. Morenoe Castilla C., Maldonadoe Hodar F.J. Carbon aerogels for catalysis applications: an overview // Carbon. 2005. - V. 43.- P. 455-465.
5. Казицына Л.А., Куплетская Н.Б.. Применение УФ-, ИК- и ЯМР-спектроскопии в органической химии. М: «Высшая школа». 1971. 264 с.

УДК 630*813

Н.И. Полежаева
М.Н. Пашенных
Д.Е. Вдовин

ПОЛИЭФИРНАЯ СМОЛА, МОДИФИЦИРОВАННАЯ КАНИФОЛЬЮ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М.Ф. Решетнева»
ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет»
г. Красноярск

Синтезирована полиэфирная смола, модифицированная канифолью в качестве органического связующего для низкотемпературных паяльных паст. Исследована её термоокислительная деструкция.

Растущие потребности многих отраслей народного хозяйства в продукции лесохимической промышленности требуют разработок новых высокоэффективных и практически важных продуктов на основе экстрактивных веществ сосны обыкновенной Pinus Silvestris L. Особое место среди продуктов лесохимической промышленности занимает канифоль и её вторичные продукты.

Канифоль и её производные находят широкое применение в композиционных составах различного назначения: пропиточных составах, термопластичных композициях, лаках, красках, смазочно-охлаждающих и волочильных жидкостях, водорастворимых и полимерных флюсующих составах. В каждом из приведенных вариантов композиций канифоль должна обладать определенным специальным эксплуатационным качеством: высокими диэлектрическими свойствами, адгезией к различным материалам, пленкообразующими, смазочно-охлаждающими, волочильными или флюсующими свойствами.

Одним из основных компонентов паяльных паст, определяющих технологические свойства, является органическая связка.

Органическая связка, применяемая для изготовления паяльных паст должна соответствовать следующим требованиям:

а) обеспечить необходимые реологические свойства паяльных паст;

б) обладать низкой температурой плавления и хорошей растекаемостью при температуре пайки;

в) остатки органики, после пайки, должны легко удаляться органическими растворителями.

Связующее вещество, придающее пасте необходимую вязкость и клеящую способность, не должно испаряться при нормальной температуре, а при нагревании пасты должно улетучиваться еще до начала плавления припоя. Кроме того, оно должно быть инертным по отношению к припою, как во время хранения, так и в процессе оплавления пасты [1].

Для полимера, применяемого в качестве связующего вещества в низкотемпературных паяльных пастах, большое значение имеет растворимость в растворителях и способность образовывать сетчатые структуры в покрытии. Такой эффект достигается при модификации полиэфиров одноосновными кислотами канифоли.

Наиболее часто в качестве основного компонента органической связки широко используются традиционные продукты лесохимической промышленности: канифоль или продукты ее переработки [1].

Анализ литературных данных и проведенные исследования показали, что растворы канифоли и полимерных материалов не обеспечивают необходимых технологических свойств паяльных паст.

Существенными недостатками канифоли являются: сравнительно низкая температура размягчения, высокое кислотное число, низкая водостойкость, мягкость, хрупкость, липкость и малая устойчивость к окислению на воздухе, приводящая к ее потемнению [2].

Многие растворы полимерных материалов непригодны для изготовления органической связки для низкотемпературных паяльных паст из-за высокой температуры размягчения, вследствие чего не происходит отделения органики от припоя в процессе пайки.

Для получения продукта, удовлетворяющего требованиям, предъявляемым к органической связке, был использован метод поликонденсации. Для синтеза полиэфиров методом поликонденсации используют одно-, двух-, трех- и четырехфункциональные соединения. Из литературных данных известно, что

многофункциональные соединения образуют макромолекулы сетчатого строения [3]. Такие полимеры, как правило, плохо растворяются в органических растворителях. Для получения хорошо растворимых полиэфиров на основе трех- и четырехатомных спиртов синтез останавливают на ранних стадиях поликонденсации с целью получения олигомеров, имеющих малоразветвленные макромолекулы.

Для синтеза полиэфирной смолы использовали: этиленгликоль, $T_{кип}$ 198-200^oC, d_4^{20} 1,115; глицерин, $T_{кип}$ 290^oC, d_4^{20} 1,260; малеиновый ангидрид $T_{кип}$ 202^oC, d_4^{20} 0,934; фталевый ангидрид $T_{кип}$ 285^oC, d_4^{20} 1,527, в молярном соотношении 1,2:0,45:0,6:1,35 соответственно. Для предотвращения побочных реакций синтез проводили в атмосфере аргона. Исходную смесь нагревали при температуре 195-198^oC в течение 4 часов. Затем добавляли сосновую живичную канифоль и реакцию присоединения проводили при температуре 198-200^oC в течение 1 часа. Содержание канифоли в полиэфирной смоле составило 29,4 мас%. Равновесие реакции поликонденсации смещали путем удаления из сферы реакции низкомолекулярного продукта - воды, используя, ловушку Дина-Старка. Выход полиэфира 90% от загрузки. Продукт прозрачный, твердый, темно-желтого цвета. Температура размягчения полиэфирной смолы 95-100^oC, кислотное число – 110 мг КОН·г$^{-1}$. Температуру размягчения ($T_р$) и кислотное число (КЧ) определяли по известным методикам [4].

Синтезированная полиэфирная смола, модифицированная канифолью, представляет собой разветвленный твердый полимер (рисунок 1).

Анализ деструкции низкомолекулярных органических соединений и полимеров аналогичен, но имеет особенности, обусловленные структурными отличиями макромолекул от молекул низкомолекулярных веществ, а также задачами, стоящими перед термическим анализом тех и других соединений [5].

Самостоятельное значение для полимеров как материалов, несущих определенную эксплутационную нагрузку, имеют температурно-временные границы их работоспособности. Эти границы определяются температурами, при которых в полимерах начинают происходить различные физические или химические превращения [6]. Термохимические превращения, как правило, необратимы, так что изменение исходных параметров материала тоже является необратимым. Чаще всего его свойства при этом ухудшаются. Однако можно привести примеры таких термохимических процессов, которые, вызывая изменение химической структуры полимера, позволяют перейти к новой структуре, обладающей физико-механическими свойствами, полезными при эксплуатации. В этих случаях исходный материал можно рассматривать как термореактивный, по аналогии, например с термореактивными смолами, широко применяемыми в промышленности.

Термохимические превращения – изменения, происходящие в полимерах под действием тепла, кислорода и света. При них наблюдаются разрывы полимерной цепи. Окисление и отрыв боковых групп и т.д., приводящие к постепенному изменению свойств полимера. Таким образом, деструктивные процессы определяют возможность использования полимера при повышенных температурах.

В процессах деструкции полимеров можно выделить в принципе две температурные области. Первая - до начала потери массы – когда скорости деструктивных процессов крайне незначительны; вторая соответствует относительно быстрым процессам деструкции и глубоким степеням деструктивного превращения при более высоких температурах; для этой области характерны заметные изменения массы образца. Медленные деструктивные изменения могут протекать как в твердом, так и высокоэластическом и вязкотекучем состоянии полимера. Они сопровождаются изменением молекулярной массы полимера, появлением разветвлений; масса образца и его химический состав остаются практически постоянными. Особое внимание в этой

температурной области должно уделяться установлению корреляции между степенью деструкции полимера и изменением какого-нибудь его эксплуатационного свойства, например прочности на изгиб или разрыв, диэлектрической проницаемости и др. Чтобы дать оценку долговечности материала, важно выяснить превалирующее направление в изменении строения макромолекул и определить скорость этих изменений.

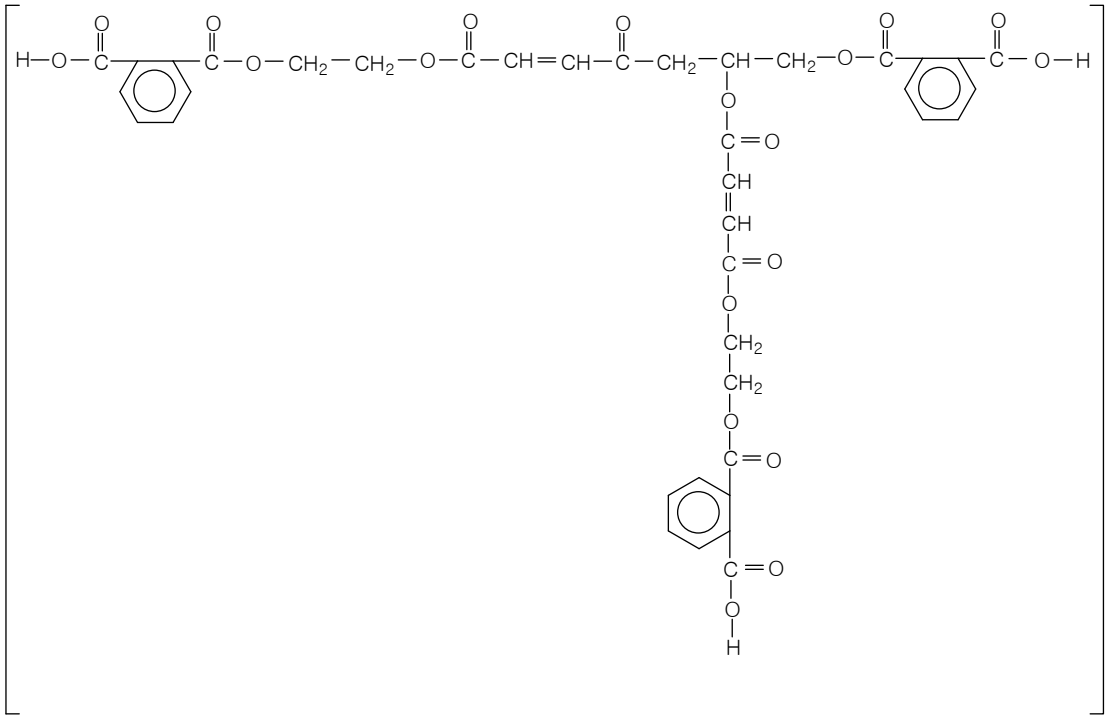


Рисунок 1 - Структурная формула полиэфирной смолы

Характер термоокислительных превращений в полиэфирной смоле, модифицированной канифолью представлен на рисунке 2.

Разложение смолы идет без заметного окисления вплоть до 465^{o}C со скоростью 2,3%/мин., а максимум экзотермы окисления наблюдается при 560^{o}C. В таблице приведены основные характеристики термостабильности полиэфирной смолы, модифицированной канифолью.

Таблица – Параметры термостойкости полиэфирной смолы, модифицированной канифолью при нагревании на воздухе

Тритерпеноиды	Температурная область разложения, ^{o}C	Температура экзотермы окисления, ^{o}C	Потеря массы, %
живицы сосны	150-465	560	94

Из рисунка 2 и таблицы видно, что полиэфирная смола, модифицированная канифолью термоустойчива при температурах оплавления низкотемпературных паяльных паст.

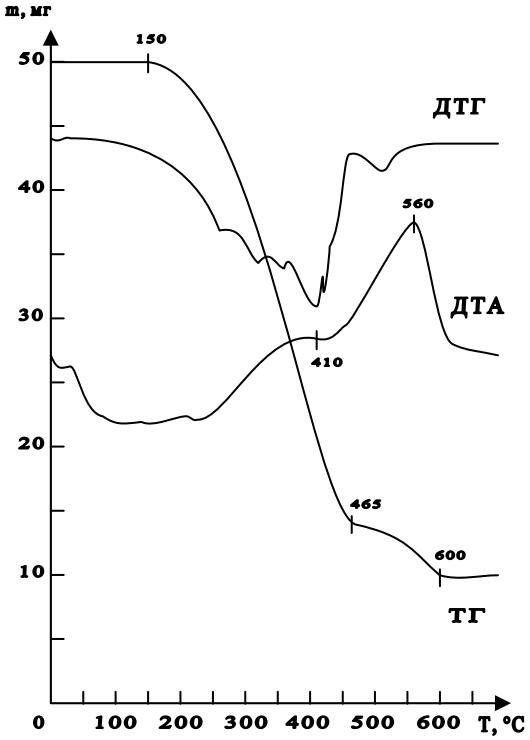


Рисунок 2 - Кривые ТГ, ДТГ и ДТА при нагревании на воздухе полиэфирной смолы, модифицированной канифолью

Библиографический список:

1.Красов В.Г., Петраускас Г.Б., Чернозубов Ю.С. Толстопленочная технология в СВЧ микроэлектронике.- М: Радио и связь, 1985.- 168 с.
2.Журавлев П.И. Канифоль, скипидар и продукты их переработки.- М.: Лесная промышленность, 1988.- 72 с.
3.Орлова О.В., Фомичева Т.Н. Технология лаков и красок.- М.: Химия, 1990.- 384 с.
4.Вершук В.И., Гурич Н.А. Методы анализа сырья и продуктов канифольно-скипидарного производства.- М.: Гослесбумиздат, 1960.- 190 с.
5.Сазанов Ю.Н. Термический анализ органических соединений. Л.: Наука, 1991. 143 с.
6.Павлова С.-С.А., Журавлева И.В., Толчинский Ю.И. Термический анализ органических и высокомолекулярных соединений.- М.: Химия, 1983.- 120 с.

УДК 543.544:674

В.А. Левданский
А.В. Левданский
Б.Н. Кузнецов

ПОЛУЧЕНИЕ ДИГИДРОКВЕРЦЕТИНА И АРАБИНОГАЛАКТАНА ИЗ ДРЕВЕСИНЫ ЛИСТВЕННИЦЫ СИБИРСКОЙ

Институт химии и химической технологии СО РАН ФИЦ КНЦ СО РАН, Красноярск

Впервые показано, что при экстракции древесины лиственницы 5-25 % водными растворами этанола из нее одновременно извлекаются дигидрокверцетин (ДКВ) и арабиногалактан. Установлено, что максимальный выход ДКВ до 1,8 % и арабиногалактана до 19,0 % достигается при экстракции древесины лиственницы,

измельченной до частиц размером 1-3 мм, 15 % раствором этанола в течение 2 часов. Показано, что использование предварительной механохимической обработки высушенной и измельченной древесины лиственницы в шаровой виброцентробежной мельнице позволяет сократить продолжительность водноспиртовой экстракции до 30 минут.

Биомасса лиственницы представляет большой интерес благодаря наличию в ней различных экстрактивных веществ с широким спектром полезных свойств. В древесине лиственницы сибирской содержится до 2,5 % флаваноидов, которые представлены в основном ДКВ, кверцетином и дигидрокемферолом. Содержание ДКВ в древесине лиственницы от суммы флавоноидов может достигать 90 %, 8-9 % приходится на кверцетин и дигидрокемферол [1].

Дигидрокверцетин (3,3′,4′,5,7-пентаоксифлаванон) – это антиоксидантное капилляропротекторное противовоспалительное и антигистаминное средство. В результате фармакологических исследований установлено, что по капилляроукрепляющему действию ДКВ в зависимости от дозы превосходит применяемый в настоящее время кверцетин в 3-5 раз [2]. Дигидрокверцетин широко применяется в пищевой промышленности в качестве безвредной антиоксидантной добавки в многочисленной группе жиросодержащих пищевых продуктов [1].

Другим важным продуктом, содержащимся в древесине лиственницы является полисахарид – арабиногалактан. Содержание арабиногалактана в древесине лиственницы в зависимости от места произрастания, времени года, возраста и части ствола может составлять от 10 до 20 % [3]. Арабиногактан используется как стабилизатор эмульсий, красок, в качестве поверхностно-активных веществ, в фарамацевтической, пищевой и других отраслях промышленности.

Известные способы извлечения ДКВ из древесины лиственницы основаны на ее экстракции органическими растворителями в основном этилацетатом и ацетоном [4-6], а арабиногалактан выделяют экстракцией водой.

В данной работе предложен экологически безопасный метод получения из древесины лиственницы с высоким выходом ДКВ и арабиногалактана. Он заключается в экстракции древесины лиственницы 5-25 %-ным водным раствором этанола, при этом происходит одновременное извлечение ДКВ и арабиногалактана.

В качестве исходного сырья использовали древесину лиственницы сибирской, заготовленной в окрестностях Красноярска в мае 2015 г. Для экстракции использовали древесину лиственницы, измельченную до частиц размером от 1 до 3 мм, содержащую 2,0 % ДКВ и 19,9 арабиногалактана, влажность 7 %.

Выделение ДКВ и арабиногадактана проводят следующим образом. Древесину лиственницы, измельченную до размеров 1-3 мм подвергают экстракции 5, 10, 15, 20 и 25 % водным раствором этанола при кипячении в течение 2-х часов при гидромодуле 15, отделяют экстракт от древесины фильтрованием, концентрируют его под вакуумом, охлаждают и смешивают с 4-5-кратным объемом этанола, осаждая арабиногалактан. Затем оставшийся раствор концентрируют под вакуумом до образования сухого остатка, который растворяют в этаноле при соотношении 1:50-70, добавляют активированный уголь и кипятят в течение 10-15 мин. Полученный раствор для очистки от кверцетина фильтруют через слой оксида алюминия, концентрируют под вакуумом до полного удаления растворителя и получают ДКВ.

Изучено влияние концентрации этанола на выход дигидрокверцетина (рисунок 1) и арабиногалактана (рисунок 2) при экстракции в течение 2 ч, гидромодуль 15.

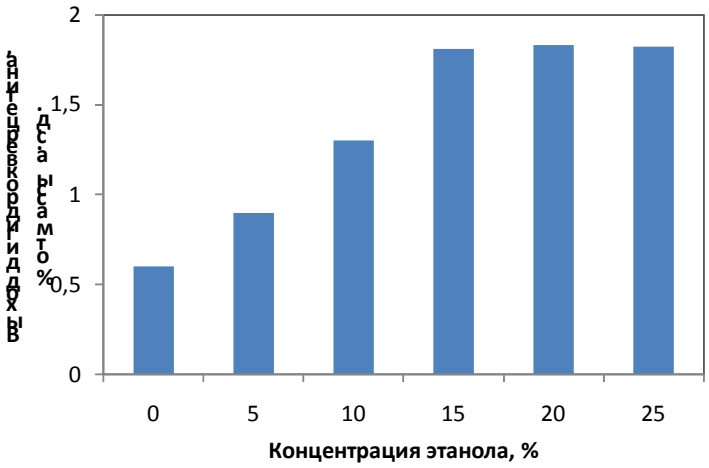


Рисунок 1 - Зависимость выхода ДКВ от концентрации этанола в растворе

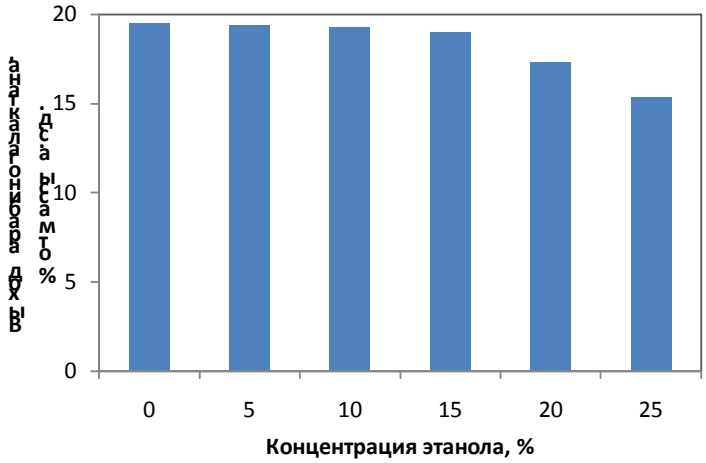


Рисунок 2 - Зависимость выхода арабиногалактана от концентрации этанола в растворе

Как видно из данных, приведенных на рисунках 1 и 2 при увеличении концентрации в растворе этанола до 15 % происходит резкое увеличение выхода ДКВ с 0,6 до 1,81 %. Дальнейшее увеличение концентрации этанола практически не сказывается на увеличении выхода ДКВ. Однако увеличение концентрации этанола в экстракционном растворе до 15 % приводит к постепенному снижению выхода арабиногалактана. Как видно из рисунка 2 увеличение концентрации этанола в экстракционном растворе до 20-25 % приводит к резкому снижению выхода арабиногалактана.

Из анализа данных, приведенных на рисунках 1 и 2, можно сделать вывод – для обеспечения максимального выхода обоих продуктов оптимальная концентрация этанола в экстракционном растворе составляет 15 %. При этом выход ДКВ составляет 1,8 %, а АГ 19,0 %.

Для идентификации и определения чистоты выделенного из древесины лиственницы ДКВ использовали известный метод его фотометрического количественного определения. Сущность метода состоит в переводе бесцветного ДКВ в окрашенное соединение – цианидинхлорид (рисунок 3) и измерении интенсивности окраски полученного раствора [7].

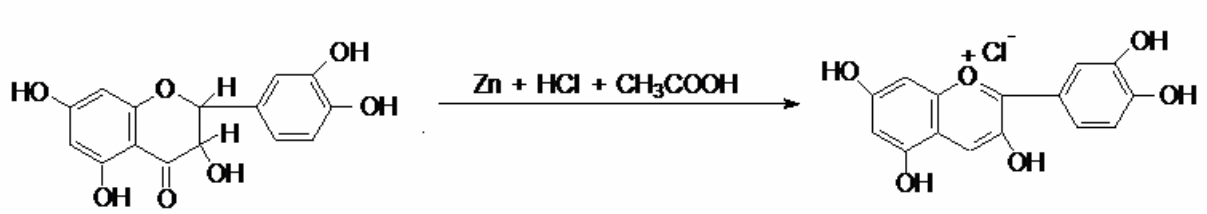


Рисунок 3 - Схема реакции превращения ДКВ в цианидинхлорид

С целью интенсификации процесса извлечения ДКВ изучена экстракция древесины лиственницы предварительно измельченной до частиц размером 1-3 мм, высушенной до влажности менее 1 % и подвергнутой механохимической обработке в шаровой виброцентробежной мельнице в течение 2 мин. В результате древесина лиственницы превращается в тонкоизмельченный порошок (муку). Обработанная таким образом древесина лиственницы была проэкстрагирована водой и 5-25 %-ным водно-этанольными растворами.

Установлено, что проведение механоактивации древесины лиственницы более 2 мин не приводит к существенному изменению выхода извлекаемых продуктов, а экстракция древесины лиственницы водными растворами, содержащими более 15 % этанола нецелесообразна, т.к. выход ДКВ при этом практически не увеличивается, а выход вторго по значимости продукта переработки древесины лиственницы – арабиногалактана падает существенно.

Показано, что метод механохимической предобработки древесины лиственницы позволяет существенно интенсифицировать ее последующую экстракцию водно-этанольным раствором с 2 ч до 0,5 ч и получать ДКВ с выходом до 1,8 %, а арабиногалактан с выходом до 19 % от а.с.д.

Отмечено, что с уменьшением продолжительности экстракции также снижается степень окисления ДКВ в кверцетин.

Библиографический список:

1. Бабкин В.А., Остроухова Л.А., Дьячкова С.Г., Святкин Ю.К., Бабкин Д.В., Онучина Н.А. Безотходная комплксная переработка биомассы лиственниц сибирской и даурской // Химия в интересах устойчивого развития.- 1997.- Т.5.- С. 105-115.
2. Тюкавкина Н.А., Азамазцев А.Г., Руленко И.А. и др. Современные аспекты изучения лекарственных растений // Сб. науч. тр. НИИ фармации Минздрава и Медпрома РФ.- Т. XXXIV.-Москва.-1995.
3. Медведева Е.Н., Бабкин В.А., Остроухова Л.А. Арабиногалактан лиственницы – свойства и перспективы использования (обзор) // Химия растительного сырья.- 2003.- № 1.- С. 27-37.
4. Патент РФ № 2158598. Способ получения дигидрокверцетина /Бабкин В.А., Остроухова Л.А., Бабкин Д.В., Малков Ю.А. 10.11.2000. Бюл. № 31.
5. Патент РФ № 2000797. Способ выделения дигидрокверцетина / Бабкин В.А., Тюкавкина Н.А., Остроухова Л.А., Святкин Ю.К., Соколов С.Я. 15.10.1993. Бюл. № 37-38.
6. Патент РФ № 2346941. Способ выделения дигидрокверцетина из древесины лиственницы и установка для его осуществления / Кислицын А.Н., Мальчиков Е.Л. 20.02.2009. Бюл. № 5.
7. Кузнецов Б.Н., Левданский В.А., Кузнецова С.А., Полежаева Н.И., Левданский А.В. Получение кверцетина из древесины лиственницы сибирской в условиях

«взрывного» автогидролиза в присутствии сернистокислотного натрия // Химия растительного сырья.- 2003.- № 4.- С. 37-41.

Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Красноярского края в рамках научного проекта № 16-43-242 083.

УДК 676.1.054.1

Е.Н. Аёшина
Е.А. Зверова

ПОЛУЧЕНИЕ УСТОЙЧИВЫХ КАЛЛУСНЫХ ЛИНИЙ *ROSA TEA* В УСЛОВИЯХ *IN VITRO*

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный аэрокосмический университет им. академика М.Ф. Решетнева »
г. Красноярск

Целью исследования являлось получение нового селекционного материала Rosa Ter. в условиях in vitro. Подбор условий для стерилизации и ведения в культуру Rosa Ter..

С древних времен садовые розы подвергались селекционированию и были известны такие группы, как дикорастущие и культурно выведенные в Древней Элладе. В процессе работы с отдельными видами роз, получилось создать более совершенные и, в тоже время, холодостойкие растения. На этом работа не остановилась, и уже во Франции проводилась кропотливая работа над выведением сортов, которые обладали свойствами более длительного цветения и также могли переносить низкие температуры.

Для получения нового селекционного материала, были подобраны условия введения в культуру Rosa Tea. В качестве эксплантов были использованы молодые побеги кустарника, полученные из оранжереи СибГТУ. Для стерилизации материала были использованы различные типы стерилизующих растворов, и наиболее удачным оказалось использование диацида в концентрации 0,1 %. Время экспозиции в растворе диацида – 5-10 мин. Растения прошедшие стерилизацию составили 70-75 %.

Стерильные побеги Розы чайной вводились на агаризованные питательные среды с минеральным составом по Мурасиге и Скугу без добавления гормонов. Всего было отобрано и введено в культуру in vitro 20 эксплантов. Экспланты культивировались в пробирках закрытых фольгой при фотопериоде 16 часов день и 8 часов ночь, при температуре 26-30 ^{0}С. По истечении одного пассажа наблюдалось образование каллусной ткани.

Первичный каллус, полученный из эксплантов, отличался стабильностью консистенции и структурированности. В целом можно отметить, что отсутствие в среде гормонов привело к образованию плотного, однородного каллуса, большой частью зеленого или белого, либо желтоватого. В нескольких случаях было зафиксировано образование каллуса бурой и буро-зеленой окраски. Следует отметить, что каллусообразование и тканевый генезис роз в целом схож с таковым у кустарниковых пород. Наиболее благоприятный период субкультивирования для данного растения 40-50 дней.

В исследования были подобранны оптимальные условия стерилизации и получены устойчивые каллусные линии Rosa Tea, для которых характерен высокий

прирост биомассы. Проводится дальнейшие исследования по получению эмбриогенной каллусной ткани.

Библиографический список:

1. Бутенко Р. Г. Биология клеток высших растений in vitro и биотехнологии на их основе: Учеб. пособие.– М.: ФБК-ПРЕСС, 1991. – 160с.
2. Бирюков В.С. Основы промышленной биотехнологии. М.: КолосС, 2004. – 296с.
3. Егорова Т.А. Основы биотехнологии: Учеб. пособие для высш. пед. учеб. заведений / Т. А. Егорова, С. М. Клунова, Е. А. Живухина. – М:. Издательский центр «Академия», 2003. – 208с.
4. Калашникова Е.А. Получение посадочного материала древесных, цветочных и травянистых растений с использованием методов клеточной и генной инженерии. Учебное пособие / Е.А. Калашникова, А.Р. Родин. – Москва, 2001. – 71с.
5. Клеточная инженерия Методическое пособие к лабораторно-практическим занятиям по биотехнологии. Сост. А.М. Смолин, 2011.- 52с. 6. Кузьмина Н.А. Культивирование меристем различных сортов роз in vitro. Естественные науки и экология: Ежегодник / Н.А. Кузьмина. О.А. Потапова. – Омск, 2000. вып. 5. – С. 38-39.

УДК 668.474 : 547.576

В.Е. Тарабанько[1,2],
К.Л. Кайгородов[1],
Е.А. Скиба[3],
М.Ю. Черняк[1],
Ю.В. Челбина[1],
О.В. Байбакова[3],
Н.В. Тарабанько[1],
Е.В. Дубынин[2]

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫЙ ПРОЦЕСС КАТАЛИТИЧЕСКОГО ОКИСЛЕНИЯ И ФЕРМЕНТАТИВНОГО ГИДРОЛИЗА ДРЕВЕСИНЫ СОСНЫ В ВАНИЛИН И ГЛЮКОЗУ

[1]Институт химии и химической технологии Сибирского отделения Российской академии наук - обособленное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения "Федеральный исследовательский центр "Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук" г. Красноярск.
[2]Сибирский федеральный университет, г. Красноярск.
[3]Институт проблем химико-энергетических технологий СО РАН, г.Бийск.

Показана возможность переработки древесины сосны в ванилин (до 17 – 18 мас. % в расчете на лигнин) и целлюлозу (84 – 93 % от исходной) в одноступенчатом процессе ее каталитического окисления кислородом в щелочной среде и последующего ферментативного гидролиза полученной целлюлозы в глюкозу (выход редуцирующих веществ в гидролизатах 47 – 70 % в расчете на целлюлозу). Установлена корреляция между степенью гидролиза целлюлозы и ее содержанием в лигноцеллюлозных продуктах окисления древесины. Полученные результаты демонстрируют возможность создания двухступенчатого процесса переработки древесины в ванилин и глюкозу.

Древесина состоит из трех основных полимерных компонентов: лигнина, целлюлозы и гемицеллюлоз. Возможности их переработки в продукты тонкого органического синтеза активно исследуются и ориентированы на замещение нефтяного сырья возобновляемым растительным [1]. Нативные лигнины хвойных пород при окислении в щелочной среде дают более высокие выходы ванилина по сравнению с техническими лигнинами (до 20 и более масс. % ванилина в расчете на лигнин, а лиственные лигнины – до 30 – 40 % ванилина и сиреневого альдегида) [2]. Пентозные и гексозные составляющие гемицеллюлоз можно гидролизовать в гексозы, а их, в свою очередь, перерабатывать в биоэтанол или левулиновую кислоту микробиологическими или кислотно-каталитическими методами, соответственно [3-4]. Аналогичными методами можно перерабатывать и целлюлозу. Современные исследования по переработке лигноуглеводного сырья в ванилин, этанол и другие продукты посвящены трехступенчатым процессам (щелочная делигнификация, гидролиз целлюлозы и окисление щелочного лигнина) [5]. Подход, основанный на получении и ароматических альдегидов, и целлюлозы в процессе окисления лиственной и хвойной древесины, является перспективным для получения ванилина, левулиновой кислоти, а так же продуктов микробиологической конверсии - глюкозы и этанола.

Цель настоящей работы – экспериментальная оценка возможности каталитического окисления сосновой древесины в ванилин и целлюлозу и ферментативного гидролиза последней в редуцирующие сахара.

В работе использовали воздушно-сухую обессмоленную древесину сосны, фракция менее 0,1 мм. Содержание лигнина в древесине сосны – 21,8 мас. %, целлюлозы – 46,3 мас. %.

Окисление древесины проводили в автоклаве из нержавеющей стали объемом 1 л, снабженном магнитной мешалкой при температуре 160 – 170 °С и парциальном давлении кислорода 0,2 – 0,3 МПа. Концентрацию ванилина определяли методом ГЖХ.

Ферментативный гидролиз целлюлозы, полученной в процессе окисления древесины, проводили с мультиэнзимной композицией, состоящей из препаратов «Брюзайм BGX» (производитель «Polfa Tarchomin Pharmaceutical Works S.A.», Польша, вносимый в количестве 0,1 г фермента / г субстрата и «ЦеллоЛюкс-А» (производитель ООО ПО «Сиббиофарм», Россия, г. Бердск), вносимый в количестве 0,04 г фермента /г субстрата.

Концентрацию редуцирующих веществ (РВ) в пересчёте на глюкозу определяли спектрофотометрическим методом на «UNICO UV-2804» (США) с использованием динитросалицилового реактива.

Проведено изучение влияния основных условий процесса на выход ванилина в ходе окисления порошка сосновой древесины, катализируемом оксидом меди (загрузка щелочи, сульфата меди, продолжительность процесса). Оптимальная загрузка щелочи находится в интервале 0,75 – 1,0 грамм на грамм древесины, сульфата меди 1,0-1,5 грамм на грамм древесины. Максимальные выходы ванилина достигают 15,5 – 18,6 мас. % в расчете на загруженный лигнин (160 ^{o}C, 0,3 МПа O_2). При снижении загрузки с 1,0 до 0,8 г щелочи на грамм древесины и ниже падают конечный pH реакционной массы и выход ванилина. Резкое снижение выхода ванилина при уменьшении pH среды может быть обусловлено двумя причинами: (а) подавление процесса ретроальдольного расщепления структур гваяцилпропеналя с образованием ванилина [6, 7] и (б) интенсивным окислением ванилат-аниона в области pH 7 – 10, где ванилин диссоциирован, а фенольные гидроксилы лигнина – нет [6].

Параллельно оценивались данные по выходу и составу лигноцеллюлозных остатков и их ферментативному гидролизу мультиэнзимной композицией. Наилучший компромисс достигнут в опыте со следующими характеристиками: 300 мл воды, 160 ^{o}C,

0,3 МПа O_2, загрузка древесины - 13,41 г, гидроксида натрия - 10,05, пентагидрата сульфата меди (II) - 10,02 г, продолжительность 25 мин. Получено 17 % ванилина в расчете на лигнин и 84 % целлюлозы в расчете на исходную.

Таким образом, существуют компромиссные условия получения ванилина, в которых каталитический процесс получения последнего является, по-существу, окислительной делигнификацией древесины, и довольно селективной. Если процесс ориентировать на максимальный выход ванилина 18 %, то выход целлюлозы падает до 64 % от исходной целлюлозы в древесине.

Зависимость концентрации РВ от продолжительности ферментативного гидролиза представлена на рисунке 1.

Максимально высокого значения, 70 %, степень гидролиза целлюлозы в ферментативном процессе достигнута на образце, полученном в эксперименте с наибольшей загрузкой щелочи (в расчете на древесину) в процессе окисления. Он же характеризуется максимальной скоростью ферментативного гидролиза (опыт 6 на рис. 1). Очевидно, это обусловлено разрушением как лигнина под действием щелочи в процессе окисления, так и кристаллической структуры целлюлозы.

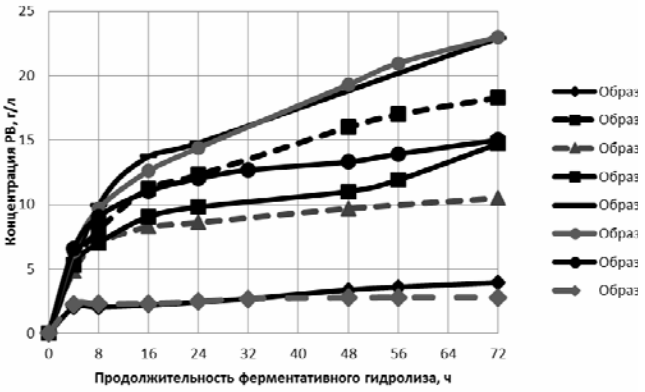


Рисунок 1 - Зависимости концентрации редуцирующих веществ от продолжительности ферментативного гидролиза целлюлозы процесса получения ванилина.

Установлена корреляция степени кристалличности образцов целлюлозы и выхода РВ в процессе их гидролиза. Эта корреляция, однако, противоположна ожидаемой согласно [8] и многим другим работам: степень гидролиза растет, а не падает с ростом степени кристалличности. Для понимания этой закономерности следует отметить, что степень кристалличности растет при увеличении содержания целлюлозы в образцах ЛЦМ, т.е. при снижении в них содержания лигнина. Следовательно, корреляция может быть причинно связана с (и объяснена) изменением содержания лигнина в образцах.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ, Правительства Красноярского края и Краевого фонда науки в рамках научного проекта № 16-43-242102.

Бибилиографический список:

1. Варфоломеев С.Д., Моисеев И.И., Мясоедов Б.Ф. Энергоносители из возобновляемого сырья. Химические аспекты. Вестник РАН, 2009, том. 79, № 7, с. 595-604.
2. Тарабанько В.Е., Коропачинская Н.В., Кудряшев А.В., Кузнецов Б.Н. Влияние природы лигнина на эффективность каталитического окисления в ванилин и сиреневый альдегид // Известия РАН, Серия химическая. 1995. № 2 С. 375-379.

3. Buzala K., Przybysz P., Rosicka-Kaczmarek J., Kalinowska, H. Production of glucose-rich enzymatic hydrolysates from cellulosic pulps. Cellulose, 2015, v. 22, Issue 1, p. 663-674.
4. Corma A., Oliver-Tomas B., Renz M., Simakova I.L. Conversion of levulinic acid derived valeric acid into a liquid transportation fuel of the kerosene type. Journal of Molecular Catalysis. A-Chemical, 2014, v. 388, SI, p. 116-122.
5. Zhu J.J., Zhu Y.Y., Jiang F.X., Xu Y., Ouyang J., Yu S.Y. An integrated process to produce ethanol, vanillin, and xylooligosaccharides from Camellia oleifera shell. Carbohydrate Research, 2013, v. 382, p. 52-57.].
6. Tarabanko V.E., Petuhov D.V., Selyutin G.E. New Mechanism for the Catalytic Oxidation of Lignin to Vanillin Kinetics and Catalysis, Vol. 45, No. 4, 2004, pp. 569–577.
7. Tarabanko V.E., Petuhov D.V., Pervishina E.P., Hendogina Yu.V. On the role of retroaldol reaction in the process of lignin oxidation into vanillin. Kinetics of the vanillylidene acetone cleavage in the alkaline media. Reaction Kinetics and Catalysis Letters, 2000, v. 69, № 2, с. 361-368.
8. Makoto Hoshida, Yuan Liu, Satoshi Uchida, Kensuke Kawarada, Yusuke Ukagami, Hitomi Ichinose, Satoshi Kaneko, Kiyoharu Fukuda. Effects of Cellulose Crystallinity, Hemicellulose, and Lignin on the Enzymatic Hydrolysis of Miscanthus sinensis to Monosaccharides. Biosci. Biotechnol. Biochem., 72 (3), 805–810, 2008.

УДК 676*157

Л.В. Чендылова,
Н.В. Каретникова,
Р.А. Марченко,
Ю.Д. Алашкевич

ПРИМЕНЕНИЕ ЛЬНЯНОЙ КОСТРЫ В ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный аэрокосмический университет им. академика М.Ф. Решетнева »
г. Красноярск

Изучена возможность получения волокнистого полуфабриката из отходов льна. Показано, что полученный полуфабрикат может быть использован для производства бумаг бытового и санитарно-гигиенического назначения.

По литературным данным [1] в целлюлозно-бумажной промышленности (ЦБП) для производства различных видов бумаги может быть использована волокнистая часть льна в виде бракованной соломы льна-долгунца, либо отходов его очистки и сортирования, так называемое льнокороткое волокно. На льноперерабатывающих заводах РФ образуется порядка 110 тыс. т костры ежегодно [2]. Отходы льна являются легко возобновляемым ресурсом. При этом по химическому составу льняная костра близка к составу древесины. Выше перечисленные факторы дают основания для изучения возможности использования льняной костры как волокносодержащего сырья для предприятий целлюлозно-бумажной промышленности.

Переработка волокносодержащего сырья в ЦБП может идти химическим или механическим путем. Механические способы производства позволяют получить волокнистые полуфабрикаты с выходом от 80 до 98 %, требуют простого оборудования, практически не загрязняют окружающую среду. Полуфабрикат, который получают механическим путем, в ЦБП принято называть механической (древесной)

массой. В литературе есть информация об использовании соломы для получения химико-термомеханической массы. Информации о получении волокнистого полуфабриката механическим путем из льняной костры найти не удалось.

Целью данного исследования, проведенного сотрудниками кафедры машины и аппараты промышленных технологий, являлось изучение возможности получения волокнистого полуфабриката механическим способом из костры льна и использование его для получения бумаги.

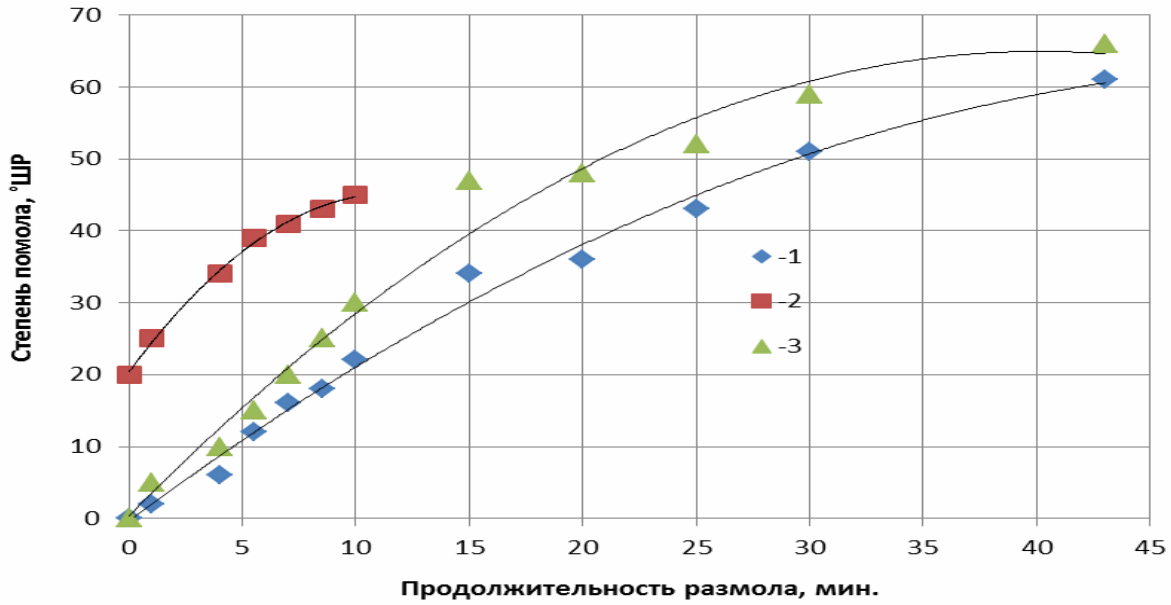
В качестве сырья использовалась льняная костра, образующаяся как отходы в производстве пакли и утеплителя. Место произрастания льна – Новосибирская область РФ. Материал состоит из частиц, размер которых колеблется от 1 до 10 мм по длине, толщиной от 0,3…1,5 мм с небольшими включениям волокнистой части льна.

В лабораторных условиях оказалось возможным организовать получение полуфабриката близкого по технологии к рафинёрной механической древесной массе, которая включает в себя промывку (увлажнение) сырья и его размол на дисковой мельнице при атмосферном давлении.

На первом этапе эксперимента были изготовлены три волокнистых полуфабриката путем размола льняной костры, пшеничной соломы и макулатуры марки МС-1А на полупромышленной дисковой мельнице.

Количество оборотов дисковой мельницы 1500 об/мин. Зазор между дисками 0,1 мм. Концентрация в дисковой мельнице при размоле соломы 1,7 %, при размоле льняной костры 1,5 %. Макулатуру предварительно распускали в лабораторном гидроразбивателе до 20 °ШР. Концентрация в дисковой мельнице при размоле макулатуры 1,5 %.

Динамика размола показана на рисунке 1. При сравнении всех трех видов сырья, видно, что наиболее легко размалывается макулатура. Размол соломы идет быстрее, чем льна (за 15 минут степень помола льняной массы составила 39 °ШР, а соломенной - 47 °ШР).



1 - льняная костра; 2 – макулатура; 3 – древесная масса

Рисунок 1 – Динамика размола

На втором этапе эксперимента провели изучение бумагообразующих свойств волокнистых полуфабрикатов. Для этого из полученных волокнистых полуфабрикатов изготовили отливки массой 75 г/м^2 на аппарате типа Рапид-Кетен. Варьирование долей компонентов в композиции отливок осуществлялось согласно симплекс-центроидному плану.

Для изготовления отливок использовали льняную массу со степенью помола 43 °ШР, макулатурную массу со степенью помола 45 °ШР, соломенную массу со степенью помола 47 °ШР.

Переменные факторы эксперимента: X_1 - массовая доля соломенной массы (СМ), X_2 - массовая доля макулатурной массы (ММ), X_3 - массовая доля льняной массы (ЛМ). Результаты эксперимента характеризовали следующими показателями: Y_1 - разрушающее усилие, Н; Y_2 - разрывная длина, м; Y_3 - сопротивление продавливанию, кПа; Y_4 - сопротивление излому (число двойных перегибов); Y_5 - капиллярная впитываемость, мм.

План эксперимента и результаты его реализации приведены в таблице 1.

Таблица 1 - План и результаты эксперимента

План эксперимента			Соотношения компонентов смеси в натуральных единицах (доли)			Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	Y_5
X_1	X_2	X_3	Соломенная масса	Макулатурная масса	Льняная масса					
1	0	0	0,8	0,2	0	4,21	382	0	0	77
0	1	0	0	1	0	21,84	1970	148	27	30
0	0	1	0	0,2	0,8	1,07	100	0	0	78
1/2	1/2	0	0,4	0,6	0	10,72	1025	62	1	47,5
1/2	0	1/2	0,4	0,2	0,4	1,76	158	0	0	65
0	1/2	1/2	0	0,6	0,4	9,87	973	49	0	60
1/3	1/3	1/3	0,267	0,467	0,266	6,27	549	0	0	67

Зависимости каждого из показателей $Y_{1...}$ Y_5 от состава смеси аппроксимировали уравнениями регрессии следующего вида:

$$\hat{y} = b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 + b_{123}x_1x_2x_3. \quad (1)$$

где $\hat{Y}$ – прогнозируемое уравнением значение выходного параметра; b – коэффициенты регрессии, вычисляемые методом наименьших квадратов по результатам наблюдений; x – независимые переменные факторы.

Математическую обработку результатов эксперимента выполнили средствами блока Experimental Design в пакете прикладных программ Statgraphics Plus.

Полученные таким путем математические модели использовали для графического представления результатов в виде поверхностей отклика на диаграммах «состав-свойство» и их анализа (рисунок 2).

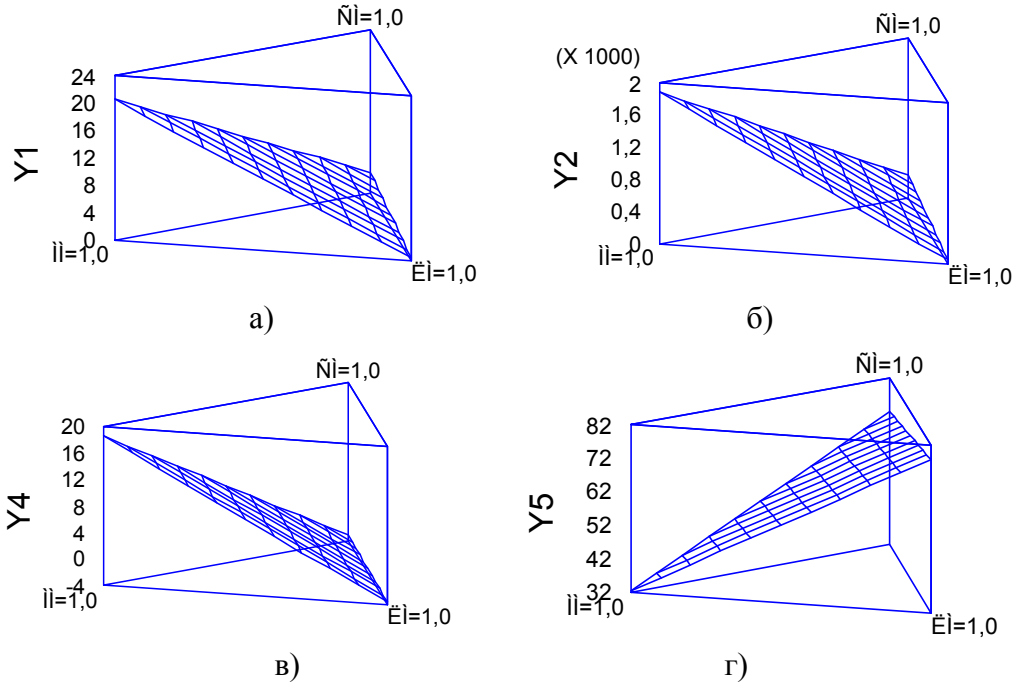
Математическая обработка результатов показала, что с доверительной вероятностью 95% статистически значимого влияния состав смеси не оказал только на сопротивление излому. Зависимости всех остальных выходных параметров статистически значимы и линейны.

Предварительные эксперименты показали, что льняная масса может быть использована для производства бумаг с невысокими показателями механической прочности, предположительно, для бумаг бытового и санитарно-гигиенического назначения и только в композиции с более прочными волокнистыми полуфабрикатами.

Согласно ГОСТ Р 52354-2005 изделия бытового и санитарно-гигиенического назначения характеризуются разрушающим усилием во влажном и сухом состоянии, а также капиллярной и поверхностной впитываемостью [4]. Для туалетной однослойной бумаги разрушающее усилие должно быть не менее 2,5 Н, а капиллярная впитываемость – не менее 22 мм.

В эксперименте значение разрушающего усилия ниже 2,5 Н получено только для композиции 80 % льна и 20 % макулатурной массы. Такое же соотношение, но для соломы, дает уже 4,2 Н (капиллярная впитываемость в этой точке 77 мм). Соотношение компонентов 60 % макулатуры и 40 % массы из растительных волокон уже позволяют получать результат соответствующий требованиям ГОСТ Р как для соломы, так и для льна. Соответственно для соломы 10,72 Н и 47,5 мм, для льна 9,87 Н и 60 мм. Совместное использование всех трех компонентов позволяет получить разрушающее усилие 6,27 Н и капилярную впитываемость 67 мм.

Таким образом, отливки из соломы более прочные, но имеют более низкую впитывающую способность.



а – зависимость разрывного усилия;
б – зависимость разрывной длины;
в – зависимость сопротивления;
г – зависимость капиллярной впитываемости.

Рисунок 2 – Математические модели зависимостей от композиционного состава (состава по волокну).

Во всех экспериментах в данной работе изготавливали отливки массой 75 г/м^2. По литературным данным бумага санитарно-бытового назначения имеет массу от 10 до

30 г/м^2 [5]. Изучение образцов, представленных в торговых сетях г. Красноярска, показало, что масса однослойной туалетной бумаги промышленного производства составляет около 34 г/м^2. Поэтому на четвертом этапе эксперимента попытались изготовить и испытать отливки массой 17 и 34 г/м^2.

В таблице 2 приведены результаты испытаний образцов массой 34 г/м^2 и 43 г/м^2. Получить отливку массой 34 г/м^2 из льняной массы при композиции 60 % макулатурной массы и 40 % льняной массы не удалось. Такая масса 1 м^2 из льняной массы может быть получена только при соотношении 70 % макулатуры и 30 % льна.

Использование всех трех компонентов при массе 34 г/м^2 возможно только при соотношении 20 % соломенной, 60 % макулатурной и 20 % льняной масс.

Таблица 2 – Результаты испытаний образцов

Композиционный состав, %			Масса 1 м^2, г	Разрушающее усилие, Н	Капиллярная впитываемость, мм
Соломенная масса	Макулатурная масса	Льняная масса			
40	60	0	34	3,1	78
0	70	30	34	3,4	83
20	60	20	34	2,8	73
26,7	60	26,6	34	1,37	74
0	60	40	43	4,0	79

Выводы:

- из льняной костры и пшеничной соломы, возможно, получить полуфабрикат по технологии аналогичный рафинерной механической массе/рафинерной древесной массе (РММ/РДМ);
- данные полуфабрикаты имеют низкие прочностные показатели и могут быть использованы для производства бумаги только в композиции с более прочными полуфабрикатами (макулатура, древесная целлюлоза);
- возможно использование полуфабрикатов из льняной костры и соломы для производства однослойной туалетной бумаги с массой 34 г/м^2 при следующих композициях: 40 % соломенная массы и 60 % макулатурная масса, 30 % льняная масса и 70 % макулатурная масса.

Библиографический список:

1 Технология целлюлозно-бумажного производства. В 3 т Т. 1: Сырье и производство полуфабрикатов. Ч.1 – СПб.: Политехника, 2002. – 420 с.
2 Живетин, В.В. Лен и его комплексное использование / В.В.Живетин, Л.Н. Гинзбург, О.М. Ольшанская. – М.: Информ-Знание, 2002. – 400 с.
3 Оболенская, А.В. Лабораторные работы по химии древесины и целлюлозы: Учебное пособие для вузов / А.В. Оболенская, З.П. Ельницкая, А.А. Леонович – М.: Экология, 1991. – 320 с.
4 ГОСТ Р 52354-2005 Изделия из бумаги бытового и санитарно-гигиенического назначения. Общие технические условия. – Издание официальное. – М.: Стандартинформ, 2005 – 12 с.
5 Горбушин, В.А. Производство санитарно-бытовых видов бумаги. – М.: Лесн. пром-сть, 1986. – 240 с.

УДК 676.1.054.1

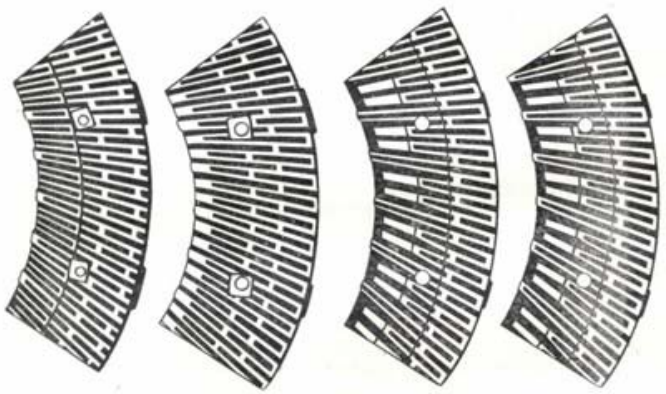
Д.В. Иванов

РАЗМАЛЫВАЮЩАЯ ГАРНИТУРА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ДРЕВЕСНОВОЛОКНИСТЫХ ПЛИТ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М.Ф. Решетнёва»
г. Красноярск

В работе представлен сравнительный анализ ножевых размалывающих гарнитур, применяемых в производстве древесноволокнистых плит. Выявлены основные конструктивные и геометрические параметры гарнитур, влияющие на качество древесноволокнистой массы. Предложен новый рисунок размалывающей гарнитуры для второй ступени размола (рафинатора).

В производстве древесноволокнистых плит мокрым способом наибольшее распространение получила гарнитура с секторным распределением ножей по рабочей поверхности, обычно применяется шестисекторная гарнитура [1]. На первой ступени (дефибратор) для размола щепы применяют гарнитуру с открытым периферийным выходом (рисунок 1 а), на второй ступени (рафинатор) для размола древесноволокнистой массы концентрацией 2-3 % применяют гарнитуру с закрытым периферийным выходом (рисунок 1 б, в, г). Нет никаких сообщений о размалывающей способности применяемых в производстве ДВП гарнитур. Однако, основываясь на исследованиях [2], проведенных для гарнитур, применяемых в целлюлозно-бумажном производстве, гарнитуры, используемые в производстве ДВП мокрым способом можно отнести ко второму типу, то есть оказывающие и фибриллирующий и укорачивающий эффект.



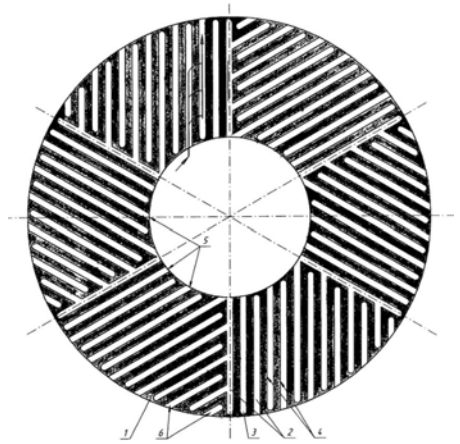
а б в г

Рисунок 1 – Размольные секторы

Рисунки рабочей поверхности гарнитуры с закрытым периферийным выходом отличаются наличием в межножевых канавках перегородок, выполненных с целью удерживания волокнистого полуфабриката в зоне размола [3, 4].Закрытый периферийный выход, а также наличие перегородок усиливает вторичный эффект размола–продольное сжатие [5].

В 2003 г. Ю.Д. Алашкевичем, В.И. Ковалевым, А.И. Невзоровым было предложено одно из исполнений такого типа рисунка (рисунок 2) [6]. В данном решении размалывающая поверхность гарнитур роторного и статорного дисков

разделена выполненными на ней прямолинейными ножами, чередующимися с межножевыми канавками, закрытыми поочередно со стороны входа в рабочую полость и выхода из нее.



1 – нож; 2 – межножевые канавки, закрытые со стороны входа и выхода;
3 – межножевые канавки, открытые со стороны входа и закрытые со стороны выхода;
4 – режущие кромки смежных ножей; 5 – вход в канавки; 6 – выход из канавок

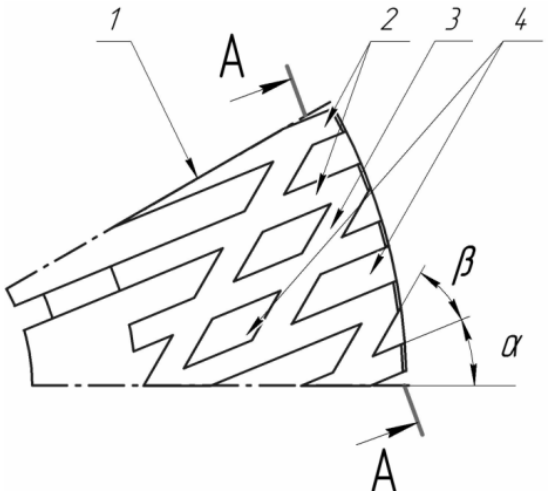
Рисунок 2 – Гарнитура с частично закрытыми канавками со стороны входа и выхода

Недостатком данной гарнитуры является то, что межножевые канавки сквозные. Избыточное давление равно нулю, а ускорение массы на выходе достигает высоких показателей за счет большой скорости вращения ротора, вследствие этого большая часть суспензии проходит по канавкам, не попадая в межножевой зазор, т.е. не подвергаясь размолу в виде механического и гидродинамического воздействия со стороны режущих кромок ножей. Это не позволяет интенсифицировать процесс, повысить производительность, качество и снизить энергозатраты.

Чистова Н.Г., Вититнев А.Ю., Алашкевич Ю.Д., Зырянов М.А., Кожевников А.К. предложили гарнитуру [7], рабочие кольцевые поверхности которой разделены на секторы и снабжены параллельными прямолинейными ножами, между ножами выполнены перегородки под углом, а на рабочей поверхности сектора между ножами и перегородками выполнены межножевые канавки (рисунок 3).

Недостатком данной гарнитуры является то, что касательные составляющие окружных скоростей и сил, развиваемых вращающимся диском в точках перекрещивания режущих кромок ножей ротора и статора, действуя вдоль них, движутся вместе с точками пересечения, направленными в одну сторону с перемещающейся под действием давления и центробежной силы волокнистой суспензией в сторону периферийной окружной кромки дисков.

В гарнитуре, разработанной международной компанией «ANDRITZ» (рисунок 4), отражен новый этап развития рисунков размольной поверхности – спиральной [8, 9]. К основным преимуществам спиральной гарнитуры разработчики относят сравнительно невысокое энергопотребление при повышенной пропускной способности, а также равномерное воздействие ножей гарнитуры на волокна и, как следствие, стабилизацию процесса размола.



1 – сектор гарнитуры, 2 – нож, 3 – перегородка, 4 – межножевая канавка

Рисунок 3 – Гарнитура с непрямоугольной формой поперечного сечения межножевых канавок

М.В. Шуралевым [9] обоснован механизм воздействия спиральной гарнитуры на волокно, заключающийся в снижении касательных напряжений при одновременном увеличении количества воздействий за счет изменения геометрии рисунка гарнитуры. Однако автор не дает теоретического обоснования построения криволинейных ножей спиральной гарнитуры.

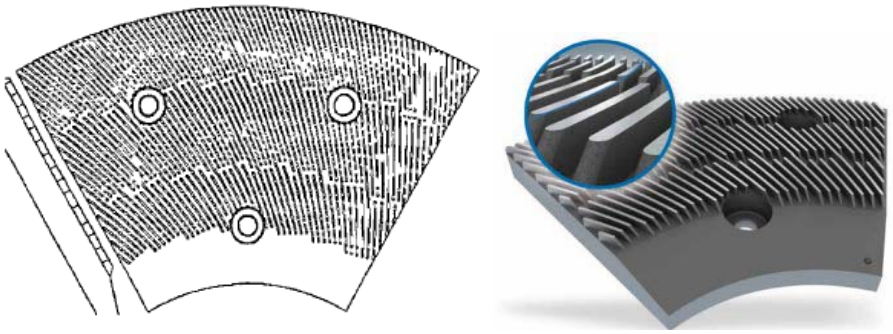
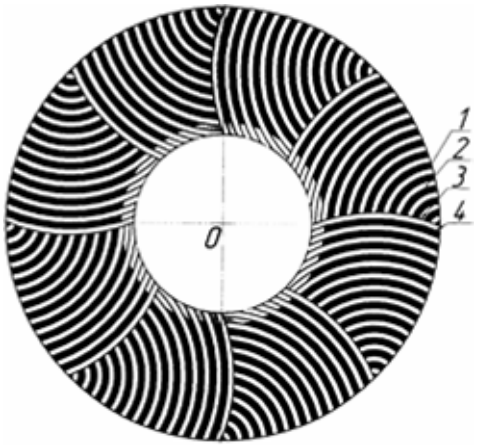


Рисунок 4 – Гарнитура со спиральным расположением ножей LemaxX

В 2013 г. Алашкевич Ю.Д., Ковалев Н.И., Пахарь Е.Е. разработали и запатентовали [10] восьмисекторную гарнитуру с ножами и сквозными канавками, нанесенными параллельно одной из образующих кольцевого сектора (рисунок 5).

Боковые образующие и режущие кромки ножей, ограничивающие межножевые канавки, выполнены в виде концентрических окружных дуг. Повышение интенсификации процесса размола обеспечивается путем превалирования касательных механических воздействий на волокнистый полуфабрикат, что повышает качество обработки волокнистого полуфабриката и снижение энергозатрат. Авторы заявляют, что использование предлагаемой размалывающей гарнитуры дисковой мельницы позволит: интенсифицировать фибриллирующее воздействие на волокнистый полуфабрикат; повысить качество обработки за счет преобладающего воздействия касательных усилий на волокнистый полуфабрикат; снизить энергозатраты за счет преобладающего воздействия касательных усилий на волокнистый полуфабрикат.



1 – нож, 2 – межножевая канавка, 3 –боковая образующая кольцевого сектора,
4 – режущая кромка ножа

Рисунок 5 - Фронтальная проекция рабочей ножевой поверхности размалывающей гарнитуры дисковой мельницы

На основании материалов патентного поиска для размола древесноволокнистой массы в производстве ДВП мокрым способом предлагаем шестисегментную гарнитуру с закрытым перефирийным выходом, криволинейными ножами и перегородками в межножевых канавках, расположенных в шахматном порядке (рисунок 6).

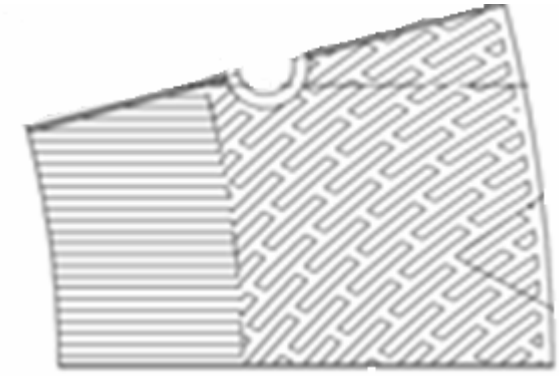


Рисунок 6 – Гарнитура с криволинейными ножами и перегородками

Криволинейные ножи позволят получать более фибриллированное волокно, наличие перегородок в межножевых канавках позволит регулировать время нахождения волокнистой суспензии в зоне размола, что будет способствовать получению необходимого качества волокнистого полуфабриката, повышению производительности рафинатора и снижению удельного энергопотребления.

Библиографический список:

1. Ребрин, С.П. Технология ДВП [Текст]/ С.П.Ребрин, Е.Д.Мерсов, Е.Д. Евдокимов– М.: Лесн. пром-сть, 1982.- 272 с.
2 Легоцкий, С.С. Размалывающее оборудование и подготовка бумажной массы [Текст] / С.С. Легоцкий, В. Н. Гончаров. - М.: Лесн. пром-сть, 1990. - 224 с.

3 Пашинский, В.Ф. Машины для размола волокнистой массы [Текст] / В.Ф. Пашинский. - М., 1972. - 160 с.
4 Киселев, С.С. Эксплуатация и ремонт дисковых и конических мельниц/ С.С. Киселев, В.Ф. Пашинский – М.: Лесная промышленность, 1979. – С.208.
5 Кларк Д. Технология целлюлозы / Д. Кларк. – М.: Лесная промышленность, 1983. – С. 456.
6 Патент № 2227825. Российская федерация, МПК7 D21D, B02C 7/12. Размалывающая гарнитура дисковой мельницы/ Алашкевич Ю.Д., Ковалев В.И., Невзоров А.И.; заявитель и патентообладатель: Сибир. госуд. технолог.ун-т № 2003122181.; заявл. 15.07.2003; опубл. 27.04.2004, Бюл. № 12. – С. 8.
7 Патент № 160973. Российская федерация, МПК D21D1/02. Размольная гарнитура дисковой мельницы/ Чистова Н.Г., Вититнев А.Ю., Алашкевич Ю.Д., Зырянов М.А., Кожевников А.К.; заявитель и патентообладатель: Сибир. госуд. технолог.ун-т № 2015118105/12.; заявл. 14.05.2015; опубл. 10.04.2016, Бюл. № 10. – С. 6.
8 LemaxX and LemaxX Signature – at the cutting edge of modern refining – режим доступа http://grz.g.andritz.com/c/com2011/00/02/70/27031/1/1/0/-555416604/ppservice-refinerplatesfillings-lemaxxsignature-en.pdf.
9 Шуралев М.В. Исследование влияния спиральной размольной гарнитуры на свойства волокнистых полуфабрикатов, используемых в композиции высококачественной бумаги: дис…канд. техн. наук: 05.21.03: защищена 18.02.11/ М.В. Шуралев – Архангельск, 2011. – 140 с.
10 Патент № 2365694. Российская федерация, МПИ D21D1/30. Размалывающая гарнитура для дисковых мельниц/ Алашкевич Ю.Д., Ковалев В.И., Пахарь Е.Е.; опубл. 20.01.2013.

УДК 676.024.6

В.И. Шуркина
Р.А. Марченко
О.Н. Федорова

РАЗМОЛ ВОЛОКНИСТОЙ МАССЫ В НОЖЕВЫХ РАЗМАЛЫВАЮЩИХ МАШИНАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГАРНИТУРЫ С КРИВОЛИНЕЙНЫМИ НОЖАМИ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М.Ф. Решетнёва»
г. Красноярск

В статье проведен сравнительный анализ бумагообразующих показателей при использовании ножевой гарнитуры с криволинейной (серповидной) формой ножей и ножевой гарнитуры с прямолинейными ножами.

Существует множество способов интенсификации процесса размола волокнистой суспензии в дисковых мельницах. Одним из таких направлений является модификация рабочих органов размалывающих машин – ножевой гарнитуры.

Суть модификации заключается в рациональном подборе для гарнитуры следующих параметров: рисунка, геометрических характеристик, вида материала. Как известно, качество размола, производительность и энергозатраты дисковых мельниц зависят от этих параметров.

Использование гарнитуры дисковых мельниц с прямолинейной формой ножей широкомасштабно в производстве, но не всегда дает ожидаемый результат.

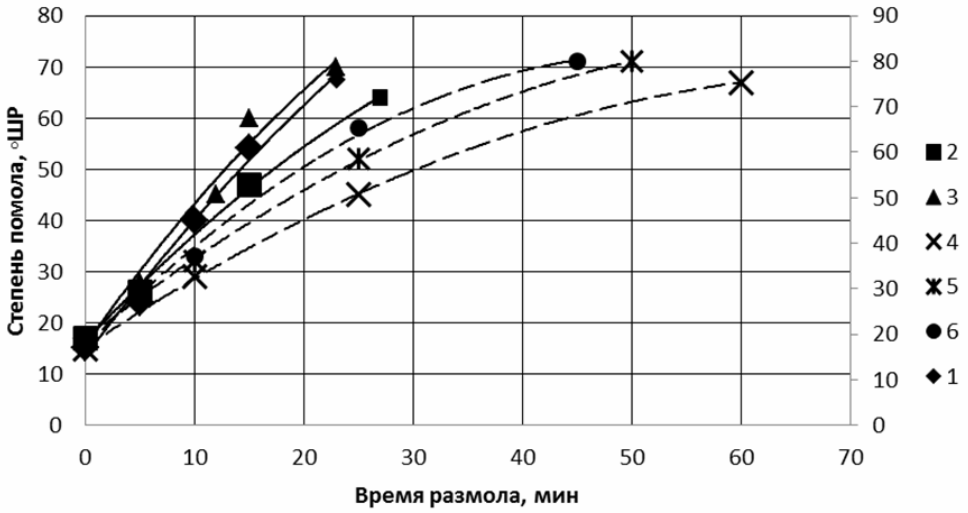
Задачу повышения качества обработки волокнистого полуфабриката, повышения производительности и снижения энергозатрат решает использование размалывающей гарнитуры с криволинейной формой ножей [3].

В лаборатории кафедры Машины и аппараты промышленных технологий Сибирского государственного технологического университета были проведены исследования влияния рисунка ножевой размалывающей гарнитуры на качество обрабатываемого волокнистого материала. В качестве размалываемого материала использовали сульфатную хвойную беленную целлюлозу концентрацией массы 1%, 2% и 3%, полуфабрикат ОАО «Братский ЛПК».

Был проведен сравнительный анализ бумагообразующих показателей при использовании ножевой гарнитуры с криволинейной (серповидной) формой ножей, спроектированной на кафедре МАПТ СибГТУ, и ножевой гарнитуры с прямолинейными ножами [1].

Для разработки волокнистого полуфабриката использовалась полупромышленная дисковая мельница при частоте вращения ротора 2000 об/мин и межножевым зазором 0,1 мм.

На рисунке 1 представлен график зависимости прироста степени помола от времени обработки волокнистого полуфабриката



Гарнитура с криволинейной формой ножей: 1-концентрация массы 1%;
2- концентрация массы 2 %, 3 – концентрация массы 3%;
Гарнитура с прямолинейной формой ножей: 4– концентрация массы 1%,
5– концентрация массы 2%, 6– концентрация массы 3%.

Рисунок 1 - Зависимость прироста степени помола ºШР от времени размола

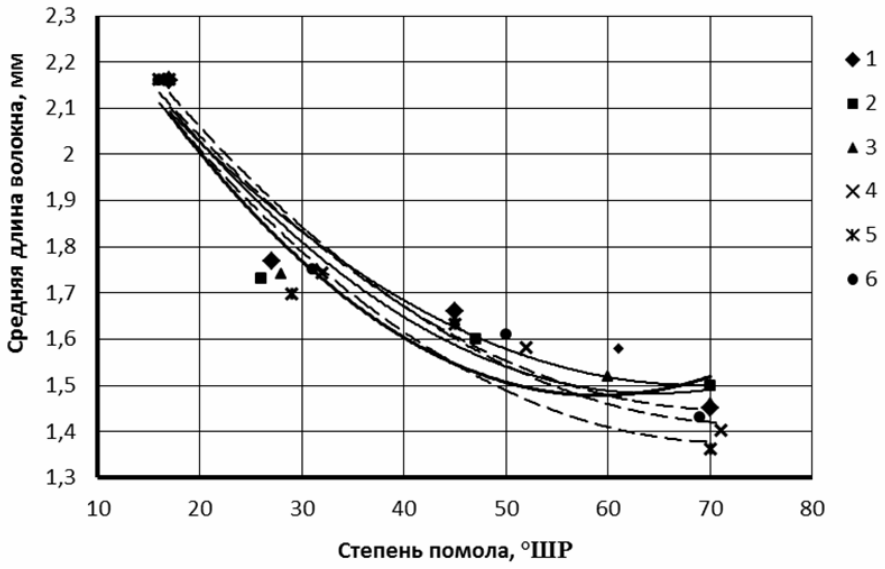
Как видно из рисунка 1, качественные зависимости прироста степени помола носят идентичный характер. Количественные же зависимости отличаются друг от друга. Мы видим, что для гарнитуры с криволинейными ножами наблюдается более интенсивный прирост степени помола. Это можно объяснить тем, что технологические параметры данной гарнитуры, в частности, секундная режущая длина и поверхность размола, выше чем у гарнитуры с прямыми ножами. С учетом геометрии криволинейных ножей кроме повышения основных технологических параметров, при

вращении диска ротора относительно диска статора, постоянно меняются количественные значение углов скрещивания ножей. Отсюда можно сделать вывод что, гарнитура с криволинейными ножами имеет более высокую производительность, чем гарнитура с прямолинейной формой ножей.

Зависимости средней длины волокна от степени помола по “ºШР” представлены на рисунке 2.

Из графика видно, что с увеличением градуса помола длина волокна уменьшается, что не противоречит данным представленным в специальной литературе [2]. Вид кривых не зависимо от концентрации волокнистой суспензии и вида ножевой гарнитуры носит идентичный качественный характер, и представляют собой параболические кривые. Разница количественных значений изменяется в пределах ошибки эксперимента. Независимо от степени помола, зазора и конструкции ножей средняя длина волокна практически не меняется.

Одним из основных показателей прочностных свойств готовых отливок является разрывная длина.



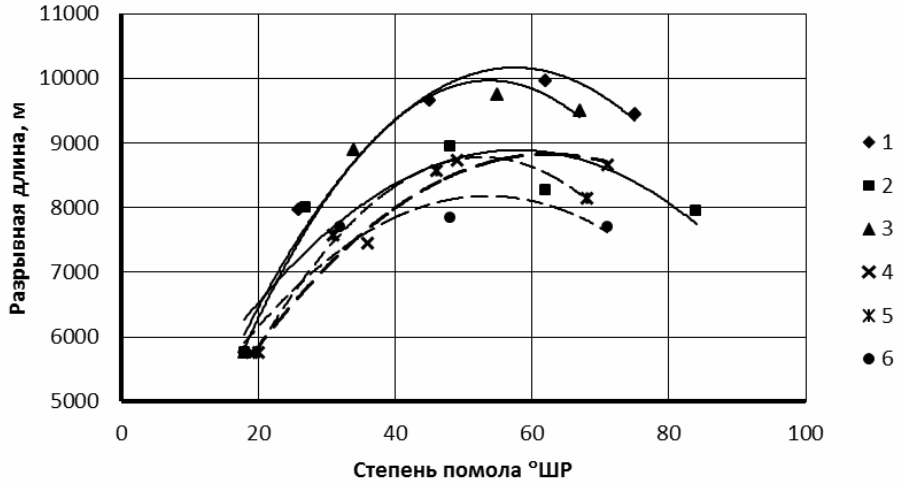
Гарнитура с криволинейной формой ножей: 1-концентрация массы 1%;
2- концентрация массы 2 %, 3 – концентрация массы 3%;
Гарнитура с прямолинейной формой ножей: 4– концентрация массы 1%,
5– концентрация массы 2%, 6– концентрация массы 3%.

Рисунок 2 – Зависимость средней длины волокна от степени помола ºШР.

По результатам исследований нами были получены графические зависимости разрывной длины от степени помола по ШР° (рисунок 3).

Из рисунка 3 видно, что величина разрывной длины отливки имеет интенсивный рост, достигая максимума при степени помола 55 ºШР. Данный характер изменения прочности отливок можно объяснить тем, что при размоле выше 55 °ШР в массе присутствует много мелкого волокна, что отрицательно сказывается на показателе разрывной длины.

Так же из рисунка видно, что лучший показатель разрывной длины наблюдается при размоле массы концентрацией 1% с использованием гарнитуры с криволинейной формой ножей.



Гарнитура с криволинейной формой ножей: 1-концентрация массы 1%;
2- концентрация массы 2 %, 3 – концентрация массы 3%;
Гарнитура с прямолинейной формой ножей: 4– концентрация массы 1%,
5– концентрация массы 2%, 6– концентрация массы 3%.

Рисунок 3 – Зависимость разрывной длины от степени помола °ШР

Представленные теоретические и экспериментальные исследования влияния рисунка ножевой размалывающей гарнитуры на качество обрабатываемого волокнистого материала позволяют сделать следующие выводы:

1. Использование гарнитуры с криволинейной формой ножей позволяет получить хорошо разработанную длинноволокнистую массу и при этом сократить время размола, по сравнению с гарнитурой с прямолинейными ножами, примерно на 40%.

2. Лучшие показатели разрывной длины также наблюдаются при использовании гарнитуры с криволинейными ножами. Отсюда можно сделать вывод, что механическая прочность готовых отливок, в частности разрывная длина, при использовании массы размолотой с применением гарнитуры с криволинейными ножами выше, чем с применением гарнитуры с прямолинейной формой ножей.

Библиографический список:

1. В.И. Шуркина, Ю.Д. Алашкевич, И.А. Воронин. Отдельные бумагообразующие свойства волокнистой массы при ее размоле в дисковой мельнице с использованием гарнитуры с криволинейной формой ножей [Текст] / В.И. Шуркина, Ю.Д. Алашкевич, И.А. Воронин // Новые достижения в химии и химической технологии растительного сырья: материалы VI Всероссийской конференции. 22-24 апреля 2014 г./ под ред. Н.Г. Базарновой, В.И. Маркина. – Барнаул – 2014. – С. 394-395.
2. Иванов С.Н. Технология бумаги. Изд. 2-е, переработ. [Текст] / С.Н. Иванов - М.: Лесная промышленность, 1970. – 96 с.
3. Ю.Д. Алашкевич, В.И. Ковалев, А.А. Набиева / Патент на изобретение № 2314381 Размалывающая гарнитура для дисковой мельницы МПК D21D1/30 (2006.01)B02C7/12 (2006.01) .

УДК 676.024.6

О.Н. Федорова
М.А. Карбышев
С.П. Разомасов
Ю.Д. Алашкевич

РАЗМОЛ ВОЛОКНИСТЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ В НОЖЕВЫХ МАШИНАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОТДЕЛЬНЫХ ВИДОВ ГАРНИТУР

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М.Ф. Решетнёва»
г. Красноярск

Размол является весьма важной операцией бумажного производства, от которой в значительной степени зависят многие свойства бумаги.

Цель размола волокнистых материалов заключается в следующем: подготовить волокнистый материал к отливу, придать ему определенную степень гидратации, сделать волокна гибкими, пластичными, увеличить их поверхность (фибрилляцией и набуханием), обеспечить лучший контакт и связь волокон в бумажном листе (придать ему прочность); придать бумажному листу путем укорочения, расщепления и фибрилляции волокон требуемую структуру и физические свойства: объемный вес, пухлость, пористость, впитывающую способность и др. [1].

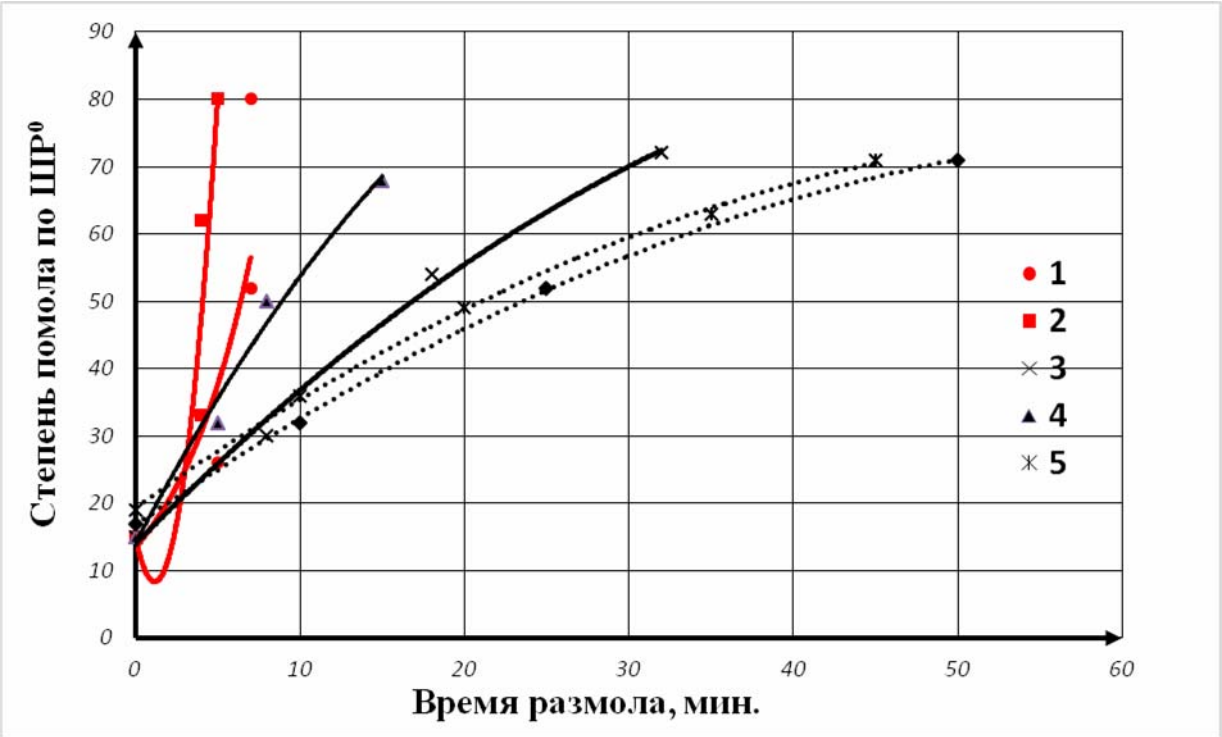
В настоящее время под понятием теории размола подразумевается совокупность теоретических представлений и практических знаний о структуре бумогообразующих волокон и бумажной массы, их поведении при размоле и формировании бумажного полотна на сетке БДМ. Односторонность теории без исследования процесса размола не может служить теоретической основой при конструировании размольного оборудования [2].

Был проведен сравнительный анализ с использованием ножевых гарнитур с криволинейной эвольвентной формой ножей, ножевой гарнитуры с криволинейной (серповидной) формой ножей, спроектированной на кафедре МАПТ СибГТУ, и ножевой гарнитуры с прямолинейными ножами [3].

Для разработки волокнистого полуфабриката использовалась полупромышленная дисковая мельница при частоте вращения ротора 1500 об/мин и межножевым зазором 0,1 мм. В качестве размалываемого материала использовалась небелёная целлюлоза «Енисейский ЦБК».

На рисунке 1 представлена зависимость степени помола от времени размола при различных видах гарнитур и различных концентрациях.

Как видно из рисунка 1, качественные зависимости прироста степени помола носят идентичный характер. Количественные же зависимости отличаются друг от друга. Мы видим, что для гарнитуры с криволинейными ножами эвольвентной формы по сравнению с гарнитурой криволинейной серповидной формой ножей наблюдается более интенсивный прирост степени помола. Особенно разница в приросте степени помола более наглядна в сравнении с гарнитурой с прямолинейными ножами. Это объясняется разницей значений параметров представленных конструкций гарнитуры.



Гарнитура с криволинейной эвольвентной формой ножей: 1-концентрация массы 1%; 2- концентрация массы 2 %,

Гарнитура с криволинейной серповидной формой ножей: 3-концентрация массы 1%; 4- концентрация массы 2 %,

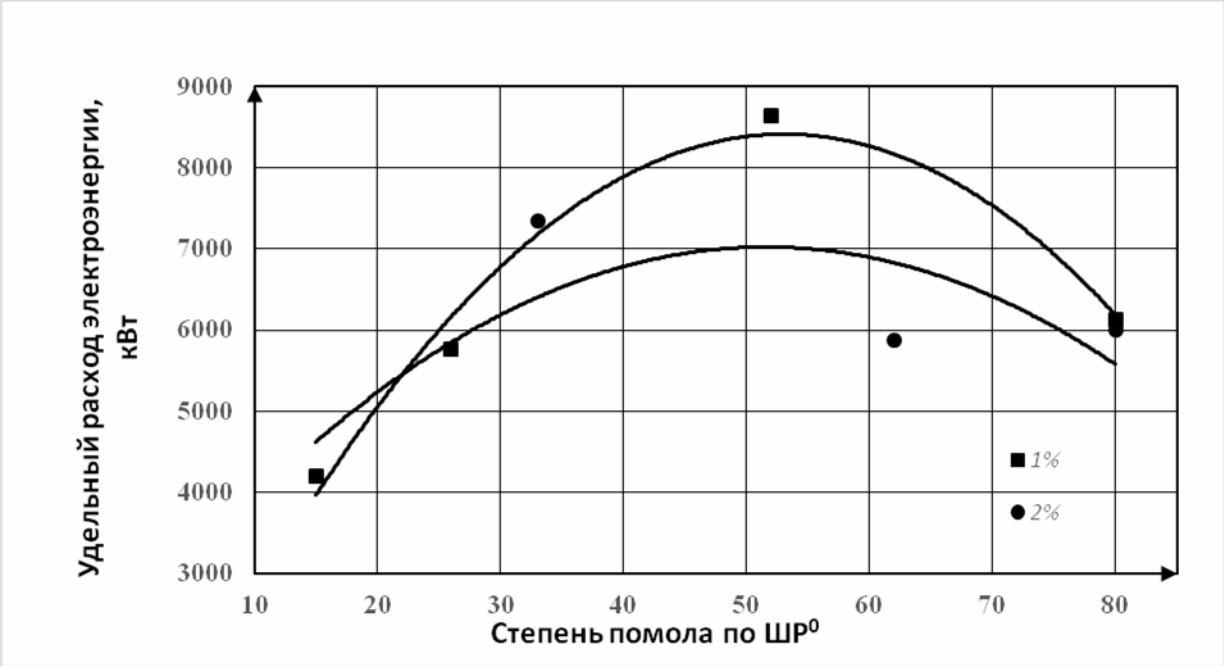
Гарнитура с прямолинейной формой ножей: 5– концентрация массы 1%, 6– концентрация массы 2%,

Рисунок 1 - Зависимость прироста степени помола ºШР от времени размола

Для определения эффективности работы установки с гарнитурой эвольвентной формы для двух концентраций волокнистой суспензии на рисунке 2 представлена зависимость удельного расхода электроэнергии от прироста степени помола при различной концентрации волокнистой массы.

Из рисунка видно, что обе зависимости носят идентичный качественный характер (параболическая зависимость), с различными количественными параметрами. Наименьшее время для размола волокнистой массы требуется при концентрации массы 2 %.

Следовательно, с повышением концентрации волокнистой массы (смотреть рисунок 1) интенсивность помола (производительность установки) повышается, также, согласно рисунку 2, снижается удельный расход электроэнергии.



Гарнитура с криволинейной эвольвентной формой ножей: 1 – концентрация массы 1 %; 2- концентрация массы 2 %.

Рисунок 2 – Зависимость удельного расхода электроэнергии от прироста степени помола при различной концентрации волокнистой массы

Библиографический список:

1. Фляте, Д. М. Технология бумаги. [Текст] / Д. М. Фляте. – М. : Лесн. пром - сть, 2001. – 440 с.
2. Легоцкий С.С., Гончаров В.Н. Размалывающее оборудование и подготовка бумажной массы. – М.: Лесная промышленность, 1990. – 24 с.
3. Пат. 2307883. Российская Федерация, МПК51 D21D1/30, B02C 7/12. Размалывающая гарнитура [Текст] / Алашкевич Ю. Д., Ковалев В. И., Харин В. Ф., Мухачев А. П. ; заявитель и патентообладатель: Сибир. госуд. технолог. ун-т № 2006110647/12; заявл. 03.04.2006; опубл. 10.10.2007, Бюл. №28. – 8 с.

УДК 676.1.054.1

А.Ю. Вититнев
Ю.Д. Алашкевич
Н.Г. Чистова

РАСЧЕТ ЦИКЛИЧЕСКОЙ ЭЛЕМЕНТАРНОЙ ДЛИНЫ НОЖЕВОЙ ГАРНИТУРЫ В ПРОИЗВОДСТВЕ ДВП

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М.Ф. Решетнёва»
г. Красноярск

В данной работе, при совершенствовании процесса размола в производстве ДВП, выполнен расчет технологического параметра (циклическая элементарная длина)

ножевой гарнитуры используемой в производстве и предлагаемой, с целью оценки их эффективности.

В настоящее время при производстве древесноволокнистых плит (ДВП), получение древесной массы осуществляется мокрым способом в быстроходных ножевых дисковых мельницах, дефибраторах, рафинаторах, рафинерах [1]. Основным размалывающим органом данных установок, является ножевая гарнитура. Рисунок гарнитуры, в большей степени определяет размерно-качественные характеристики получаемого древесноволокнистого полуфабриката, и соответственно качество готовой продукции. Эксплуатируемое оборудование сегодняшнего дня для получения древесноволокнистых полуфабрикатов физически и морально, в большинстве своем, устарело. Размольная гарнитура на протяжении уже 60-70 лет однотипна и как показал аналитически-экспериментальный анализ [1], не совсем эффективна. Это обуславливается тем, что создание размольных гарнитур основано не на научно обоснованной теории, а на накоплении в течение многих лет практических данных, которые для каждого конкретного случая трудно воспроизводимы. Отсутствие теоретических обоснований выбора той или иной ножевой гарнитуры при использовании новых технологий и современного оборудования приводит к отставанию промышленности, ухудшению качества продукции и уменьшению рентабельности производства.

В своей работе [1], авторы, Алашкевич Ю. Д. и Набиева А. А., исследуя процесс размола, разработали программу с использованием современного пакета прикладных программ Matlab, с целью научного обоснования и точного расчета различных рисунков геометрии ножевых гарнитур, а также оценки их дальнейшего эффективного использования при подготовке целлюлозной массы. Программа, позволяет произвести точный расчет истинного значения секундной режущей длины, при этом возможно оценить *количество одновременно движущихся точек пересечения (t)* [2] ножей ротора с ножами статора в пределах одного сектора, обуславливающих значение секундной режущей длины (Ls) размольной гарнитуры, и характеризующих интенсивность процесса рубки волокна. Ниже на рисунке 1 представлена расчетная схема ножевого сектора для дисковых мельниц.

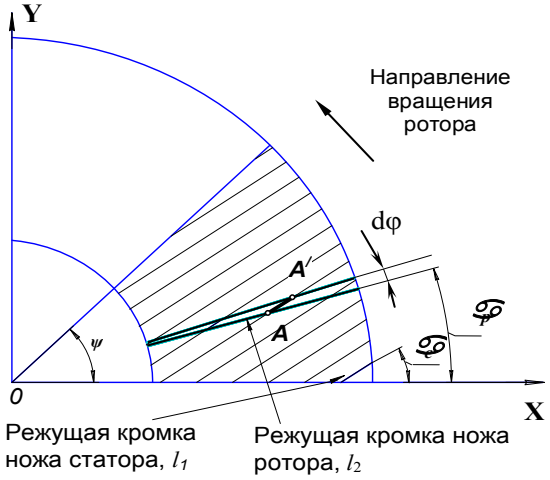


Рисунок 1 –Расчетная схема расположение ножевого сектора

С*екундная режущая длина (Ls)* ножевой гарнитуры позволяет оценить общую длину, контактов пересечения режущих кромок ножей ротора с ножами статора,

формируемую за одну секунду в зазоре между статором и ротором, и характеризует количество одновременно обрабатываемых волокон [2];

$$L_s = \omega \cdot \sum_{\Omega} \frac{x + tg\alpha_p \cdot y}{tg\alpha_p - tg\alpha_c} \cdot \sqrt{1 + tg\alpha_c^2}\ , \qquad (1)$$

где ω - угловая скорость вращения ротора, рад/с.

Ω - размалывающая поверхность гарнитуры;

x, y – координаты начальной точки формирования секундной режущей длины;

α_p - угол установки ножей ротора относительно образующей единичного сектора;

α_c - угол установки ножей статора относительно образующей единичного сектора;

При расчете секундной режущей длины в программе, учитывается заданная скорость вращения ротора, ширина ножа, ширина ячеек между ножами, углы установки ножей к образующей единичного сектора гарнитуры, внутренний и внешний радиусы рабочей зоны размола рисунка гарнитуры, количество секторов на размольном диске, ширина технологической канавки. Однако, авторы, Алашкевич Ю. Д. и Набиева А. А., в своей работе [2], с целью более полной оценки эффективности размольной гарнитуры, впервые разработали и предложили технологический параметр *циклическая элементарная длина (Lω.эл.),* позволяющий в совокупности с технологическими параметрами (*секундная режущая длина* и *количество одновременно движущихся точек пересечения (t)*), оценить эффективность размола при использовании гарнитуры с различными конструктивными особенностями.

- *циклическая элементарная длина (Lω.эл.)*, характеризует среднюю длину волокна, «отрезаемую» парой ножей за один оборот ротора относительно статора; данный параметр позволяет оценить эффективность процесса размола в сторону укорочения волокон или получение волокна длинноволокнистой фракции с наличием фибриллирования [2].

$$L_{\omega.эл.} = \frac{L_S \cdot 60}{n \cdot t \cdot (2\pi / \psi)}, \qquad (2)$$

где L_S – секундная режущая длина, м/с;

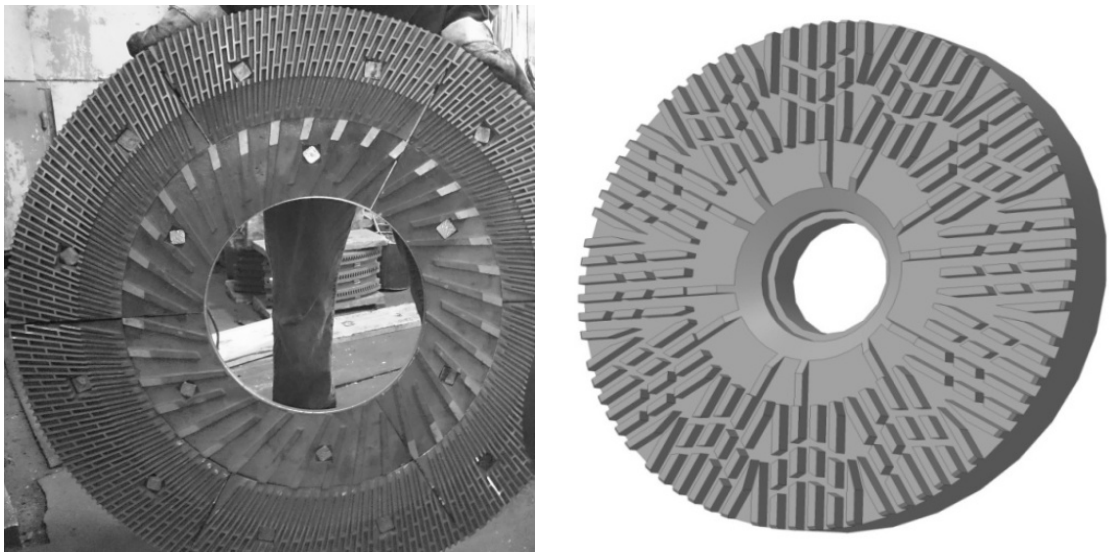
n – частота вращения ротора, об/мин;

t – количество движущихся точек пересечения ножей ротора относительно ножей статора в пределах одного сектора, шт.;

$2\pi / \psi$ – количество секторов на диске.

Разработанные и вышеописанные методики для оценки эффективности работы размольной гарнитуры в производстве ЦБП при подготовке целлюлозной массы [2], идентичны и приемлемы для достоверной оценки эффективности работы размольной гарнитуры используемой в производстве ДВП при подготовке древесноволокнистой массы.

На рисунке 2 представлен общий вид существующей размольной гарнитуры используемой на действующем размольном оборудовании в производстве ДВП, а также представлен общий вид предлагаемой размольной гарнитуры в сборе.



а) гарнитура рафинатора б) гарнитура предлагаемая

Рисунок 2 - Размольная гарнитура с различной геометрией в производстве ДВП

В настоящей работе, при совершенствовании процесса подготовки древесноволокнистого полуфабриката в производстве ДВП, произведен расчет истинного значения секундной режущей и циклической элементарной длины размольных гарнитур, используемой в производстве и предлагаемой гарнитуры, с учетом конструктивных [2] особенностей рисунка для оценки их эффективности.

В таблице 1 приведены результаты расчета технологических параметров (секундной режущей длины, количества точек пересечения, циклической элементарной длины) существующей и предлагаемой размольных гарнитур в производстве ДВП, показатель степени размола.

Таблица 1 – Результаты расчетов технологических параметров (секундной режущей длины, количества точек пересечения, циклической элементарной длины) существующей и предлагаемой размольных гарнитур, показатель степени размола

Размольная гарнитура	Параметр			Показатель
	количество точек пересечения, t, шт.	секундная режущая длина, L_S, м/с	циклическая элементарная длина, $L_{ω.эл}$, м	степень размола, ДС
Рафинатор	165	91072,1	5,61	14-18
Предлагаемая гарнитура	19-22	70046,3-73001,5	16,57-19,34	22-26

Анализируя результаты, можно отметить, что наилучшие значения технологических параметров имеют место быть для предлагаемой гарнитуры, так как ее расчетные параметры имеют наименьшее количество точек пересечения (t), при достаточно высоких значениях секундной режущей длины и циклической элементарной длины, что определенно характеризует эффективность размола. Соотношение данных параметров, согласно представлениям [2], обеспечивает в процессе размола хорошо разработанное эластичное длинноволокнистое с наличием внешнего и внутреннего фибриллирования древесное волокно.

Библиографический список:

1. Вититнев, А.Ю., Якимов В.А., Чистова Н.Г., Алашкевич Ю.Д. Совершенствование рабочих органов размольных установок для получения древесноволокнистых материалов / А.Ю. Вититнев, В.А. Якимов, Н.Г. Чистова, Ю.Д. Алашкевич - К:В мире научных открытий, 2015.
2. Набиева, А.А. Оценка влияния и совершенствование основных технологических параметров ножевых размалывающих машин: дис. канд. техн. наук. – Красноярск, 2004. 182 с.

УДК 665.75

Р.А. Комов
Н.Ю. Кожухова

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ РЕАКТОРОВ АКСИАЛЬНОГО ТИПА

ФГБОУ ВО Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М.Ф. Решетнева
г. Красноярск

Представлены различные виды распределительных устройств аппаратов, используемых в основных процессах нефтепереработки. Проведен сравнительный анализ современных распределителей реакторов аксиального типа, выявлены характеристики, влияющие на работу контактных устройств с распределителями.

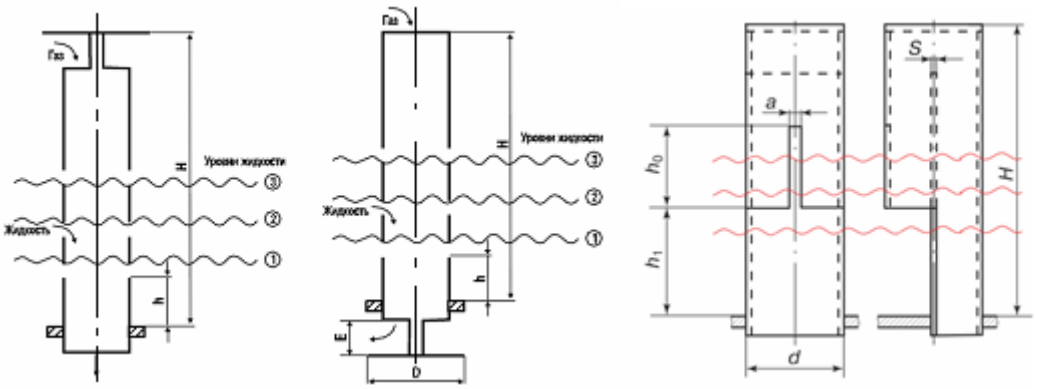
Распределительные устройства широко применяются в нефтеперерабатывающей промышленности в насадочных колоннах и реакторах гидроочистки и гидрокрекинга.

Наиболее полное смачивание насадки и наибольшая эффективность колонного аппарата достигаются при равномерном распределении жидкости по поперечному сечению. Для равномерной подачи орошающей жидкости применяют различные распределительные устройства, которые можно подразделить на две группы: струйчатые и разбрызгивающие оросители. К струйчатым оросителям относятся распределительные плиты, желоба, «пауки», дырчатые трубы, брызгалки и оросители типа сегнерова колеса; к разбрызгивающим – тарельчатые, многоконусные и вращающиеся центробежные оросители [1].

Распределительные устройства реакторов служат для обеспечения движения парогазовой и жидкой фаз в горизонтальном и вертикальном направлениях, их равномерного распределения по поперечному сечению аппарата. Узел распределения представляет собой контактное устройство (тарелку), имеющее систему патрубков с прорезями или колпачков. Распределительные функции тарелок реализуются равномерным размещением распределителей по площади тарелок. Вопросы исследования гидродинамической работы контактных устройств реакторов, содержащих слои катализатора, рассмотрены рядом авторов [2, 3, 4]. Наиболее оптимальные современные распределительные устройства [3, 4], представлены на рисунке 1.

Конструкции входных участков распределителей варианта 1 (рисунок 1а) и варианта 2 (рисунок 1б), схожие: открытый или прикрытый защитным козырьком прямой патрубок с боковыми отверстиями для подачи жидкости в газовый поток

внутри патрубка. Конструкция входной части пароподъемного распределителя варианта 3 (рисунок 1в) имеет П-образную форму, в поперечном же сечении он может иметь различную конфигурацию. На входной части распределителя имеется вертикальная щель.



а) б) в)

H – высота распределителя; h – расстояние от тарелки до нижних боковых отверстий распределителя; D – диаметр рассекателя; E – расстояние между торцом патрубка и плоскостью рассекателя; h_0 – высота щели; h_1 – расстояние от тарелки до щели; a – ширина щели; d – ширина распределителя.

а – прямой патрубок, прикрытый защитным козырьком; б – открытый прямой патрубок с рассекателем; в – пароподъемный распределитель

Рисунок 1 – Распределительные устройства

Выходные части распределителей также различаются по конструкции: в вариантах 1 и 3 – свободные открытые патрубки, в варианте 2 – рассекатель.

Были выделены следующие определяющие характеристики распределительных тарелок: чувствительность к горизонтальному расположению, чувствительность к отложениям механических примесей, вероятность возникновения явления «захлебывания», величина гидравлического сопротивления, формирование равномерного поля скоростей на входе в слой катализатора [3, 4].

Главным отрицательным моментом в работе тарелки с пароподъемными распределителями является вероятное формирование нестационарного пульсационного режима. Такого рода явления не могут возникнуть в распределителях вариантов 1, 2.

Чувствительность тарелок с прямыми входными патрубками значительно ниже чувствительности тарелки с пароподъемными распределителями [3, 4].

Распределители с открытыми выходными срезами патрубков (1 и 3 варианты) формируют ярко выраженную струю, воздействующую непосредственно на поверхность слоя катализатора, а распределитель, имеющий рассекатель в виде диска (вариант 2), формирует вихревые структуры, т.е. не обладает оптимальными характеристиками.

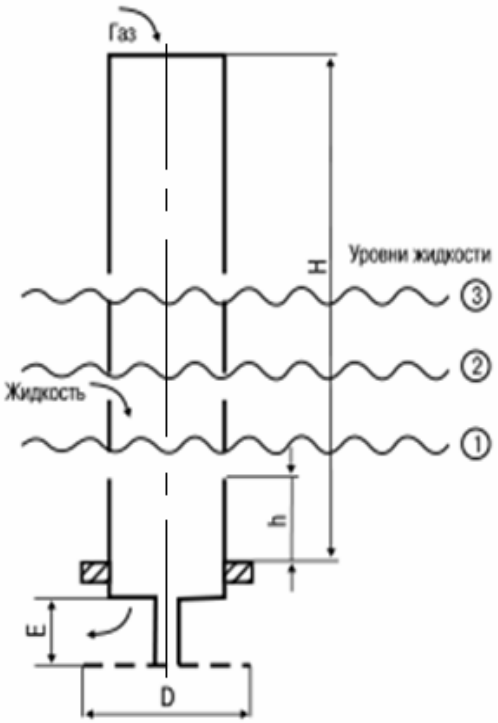


Рисунок 2 – Трубчатый распределитель тарелки высокодисперсного распределения

Анализ недостатков вышеперечисленных распределительных устройств, позволил найти новое техническое решение, представленное авторами (рисунок 2) [5]. Задачами изобретения являлось обеспечение выравнивания полей скоростей потоков сырья в зоне между распределительной тарелкой и поверхностью слоя катализатора при подаче его в эту зону через систему отверстий.

В настоящее время на кафедре Машин и аппаратов промышленных технологий продолжается работа по исследованию распределения жидкой фазы по поперечному сечению реактора и по разработке оптимальной конструкции распределительного устройства, а также по рассмотрению движения жидкости по слою катализатора.

Библиографический список:

1 Виноградов, О.С. Конструирование и расчет элементов колонных аппаратов [Текст] : учебное пособие / Виноградов, О.С., Виноградов С.Н., Таранцев К.В. – Пенза: ПГУ, 2003. – 114 с.
2 Ленчевский В.В., Сулейманов Г.З., Пинаев А.С., Шевченко Г.В. Обоснование выбора рассекателя форсунки для распределительных тарелок реакторов химических и нефтехимических производств// Нефтепереработка и нефтехимия. – 2005. – № 6. – С. 43–47.
3 Ленчевский В.В., Сулейманов Г.З., Пинаев А.С., Галиев Р.Ф. Сравнительный анализ гидродинамических схем работы распределительных тарелок современных конструкций в реакторах гидроочистки // Нефтепереработка и нефтехимия. – 2006. – № 5. – С. 35–40.
4 Ленчевский В.В., Сулейманов Г.З., Пинаев А.С., Галиев Р.Ф. Анализ гидродинамических схем работы распределительных тарелок современной

конструкции реакторов гидроочистки нефтепродуктов// Химическая техника. – 2006. – № 4. – С. 16–19.
5 Трубчатый распределитель тарелки высокодисперсного распределения [Текст]: пат. 2181804 Рос. Федерация: МПК B 01 J 8/02, B 01 D 3/20, B 01 D 53/18, / авторы и заявители Пинаев А.С. [и др.]; патентообладатель ООО "РИФИНГ".

УДК 630*8:582.47:812.14

Е.А. Петрунина
С.Р. Лоскутов

ТЕРМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ МОДИФИЦИРОВАННОЙ КОРЫ ЛИСТВЕННИЦЫ

Институт леса им. В.Н. Сукачева Сибирского отделения РАН – обособленное подразделение ФГБНУ ФИЦ КНЦ СО РАН,
г. Красноярск

С помощью методов термического анализа (термогравиметрии – ТГ/ДТГ, дифференциальной сканирующей калориметрии – ДСК) и растровой электронной микроскопии (РЭМ) исследованы образцы натуральной и модифицированной различными способами коры лиственницы, обладающей катионообменными свойствами. Установлено изменение количественных термических и структурных характеристик исследованных образцов, отражающих изменение соответствующих свойств коры, обусловленное модифицированием и сорбцией катионов металла (на примере Cu^{2+}).

Ранее нами были предложены способы получения ряда технических продуктов из коры хвойных пород, среди которых рассматривались сорбенты, обладающие катионообменными свойствами [1]. При усовершенствовании методов модифицирования коры, расширения спектра использования новых продуктов и разработки методов утилизации отработанных сорбентов необходимо контролировать их строение и свойства. В контексте энергетического использования отработанных сорбентов важно знать их термические и структурные характеристики в сравнении с исходным сырьем. Использование термогравиметрии, дифференциальной сканирующей калориметрии и растровой электронной микроскопии для получения этой информации представляется адекватным и является целью нашего исследования.

В исследовании использовались образцы натуральной и модифицированной коры лиственницы сибирской (до и после контактирования с водным раствором сульфата меди), описанные в работе [2]. ТГ/ДТГ и ДСК осуществлены с помощью приборов TG 209 F1 и DSC 204 F1 («NETZSCH», Германия) соответственно. ТГ: скорость нагрева 10 ˚С·мин$^{-1}$ от 25 до 700 ˚С, скорость потока защитного и продувочного газов (воздух) 20 мл·мин$^{-1}$; масса образца 3,38÷8,93 мг, тигель платиновый цилиндрической формы. ДСК: скорость нагрева 10˚С·мин$^{-1}$ от 25 до 590 ˚С, скорость потока защитного и продувочного газов 40 мл·мин$^{-1}$; масса образца 1,05÷1,38 мг, тигель алюминиевый с перфорированной крышкой; эталон – пустой алюминиевый тигель. Обработка результатов измерений осуществлялась с помощью пакета программ, поставляемого с приборами – «NETZSCH Proteus Thermal Analysis 4.8.4». Растровая электронная микроскопия образцов коры проводилась с помощью микроскопа TM-1000 с рентгено-флуоресцентным спектрометром («HITACHI», Япония).

На рисунок 1 представлены результаты термогравиметрии (ДТГ-кривые) ряда образцов коры лиственницы, из которого следует, что наиболее выраженные изменения

(по сравнению с натуральной корой) обусловленные модифицированием, связаны с полифенольным комплексом. Об этом свидетельствуют величины амплитуды пиков ДТГ, их число и положение максимумов скорости потери массы по температуре (рисунок 1, В).

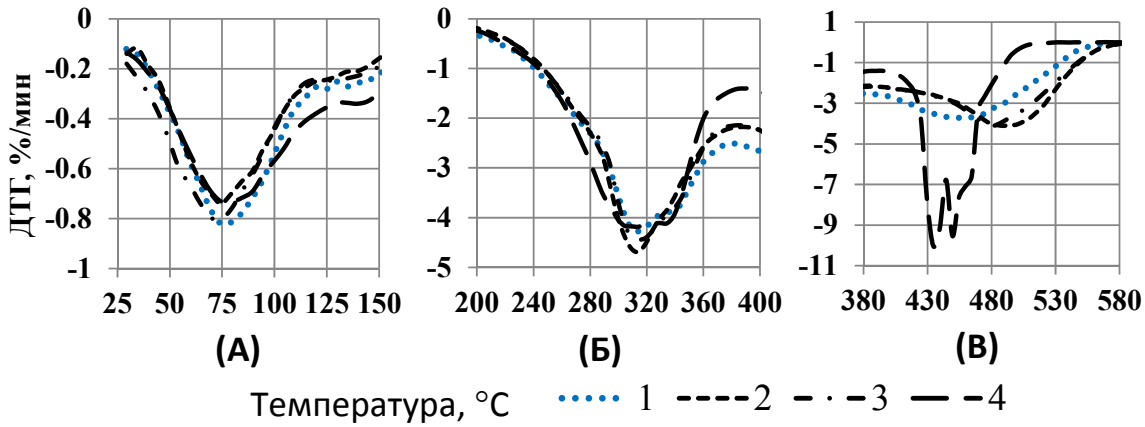


Рисунок 1 – ДТГ-профили натуральной и модифицированной коры лиственницы (МКЛ): А – температурный диапазон испарения влаги, Б – температурный дтапазон преимущественной термодеструкции углеводного комплекса (гемицеллюлоз и целлюлозы), В – температурная область термического разложения полифенольного комплекса. 1 – натуралная кора лиственницы, 2 – МКЛ с использованием сернокислотного катализатора (МКЛ-СК), 3 – МКЛ с ипользованием азотнокислотного катализатора (МКЛ-АК), 4 – МКЛ с использованием гидроксида натрия к качестве катализатора (МКЛ-ГН).

Сорбированные модифицированной корой катионы металла существенно изменяют ход термодеструкции в температурных диапазонах преимущественного разложения углеводного и полифенольного комплексов (рисунок 2). Так, амплитуда и ширина пика ДТГ при термическом разложении углеводного комплекса увеличилась в 4-5 раз по сравнению с натуральной и модифицированной корой, не контактировавшей с раствором соли. При этом температура максимумов ДТГ почти не изменилась. Термодеструкция полифенольного комплекса образцов МКЛ-СК-Cu, МКЛ-ГН-Cu (рисунок 2), а также и МКЛ-АК-Cu сдвинута (по максимуму ДТГ) в область более низких температур по сравнению натуральной корой и образцами МКЛ-СК-Cu, МКЛ-АК-Cu, МКЛ-ГН-Cu на ~92-94 °С при близкой по величине максимальной скорости потери массы (рисунок 2, (Б)). Понижение температуры максимумов ДТГ отмечено также при окислении (сгорании) угля, образовавшегося в процессе термодеструкции образцов МКЛ-СК-Cu, МКЛ-АК-Cu и МКЛ-ГН-Cu (рисунок 2, (В))

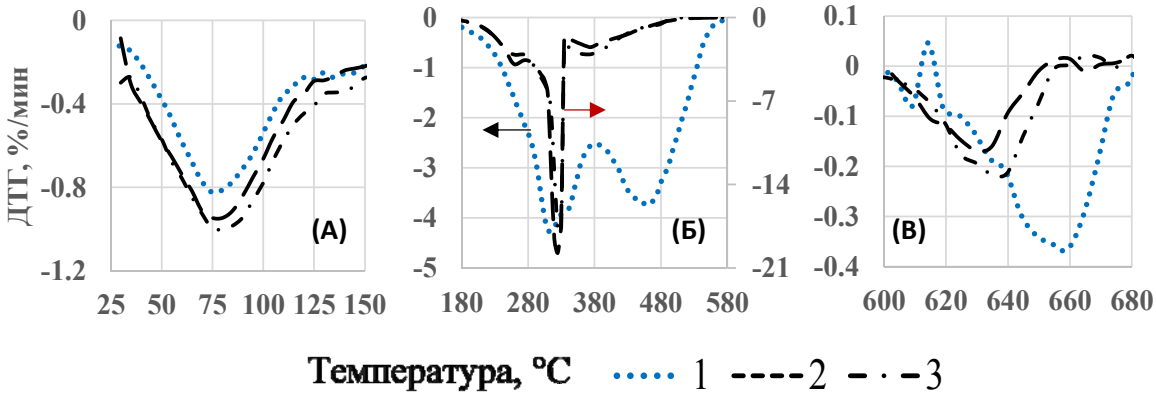


Рисунок 2 – ДТГ-профили натуральной (1) и модифицированной коры лиственницы: МКЛ-СК-Cu (2) и МКЛ-ГН-Cu (3) после контактирования с раствором сернокислой меди: А – температурный диапазон испарения влаги, Б – температурный дтапазон термодеструкции углеводного и полифенльного комплексов, В – температурная область окисления (сгорания) образовавшегоя угля.

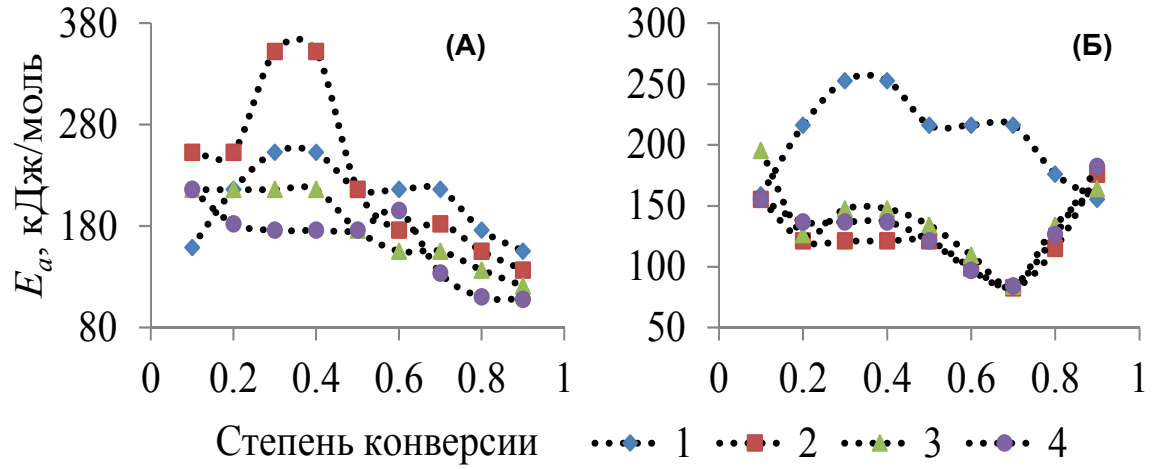


Рисунок 3 – Зависимость энергии активации термического разложения натуральной и модифицированной коры лиственницы от степени конверсии до – (А) и после контактирования с раствором сернокислой меди – (Б).
(А): 1 – КЛ, 2 – МКЛ-СК, 3 – МКЛ-АК, 4 – МКЛ-ГН. (Б): 1 – КЛ, 2 – МКЛ-СК-Cu, 3 – МКЛ-АК-Cu, 4 – МКЛ-ГН-Cu.

На существенные изменения в строении полученных сорбентов и взаимодействии их полимерных компонентов указывает зависимость энергии активации (E_a) термического разложения вещества препаратов, рассчитанная по методу Озавы-Флинна-Уолла [3, 4] как при термодеструкции углеводного комплекса (степень конверсии (0,1–0,5) так и полифенольного (степень конверсии 0,5–0,9) – (рисунок 3, (А), (Б)).

При термическом разложении полифенольного комплекса модифицированной коры лиственницы (степень конверсии 0,5–0,9, рисунок 3 (А)) энергия активации термодеструкции ниже, чем для натуральной коры. То же наблюдается для МКЛ-АК и МКЛ-ГН при термоконверсии углеводного комплекса, в то время как для МКЛ-СК

(рисунок 3 (А), кривая 2) отмечено существенное увеличение E_a в этом диапазоне степени конверсии по сравнению с натуральной корой.

Сорбированный метал (Cu^{2+}) оказывает каталитическое действие при термодеструкции исследованных образцов, снижая E_a (по сравнению с натуральной корой) во всем интервале степени конверсии до близких значений независимо от способа модифицирования (рисунок 3 (Б)).

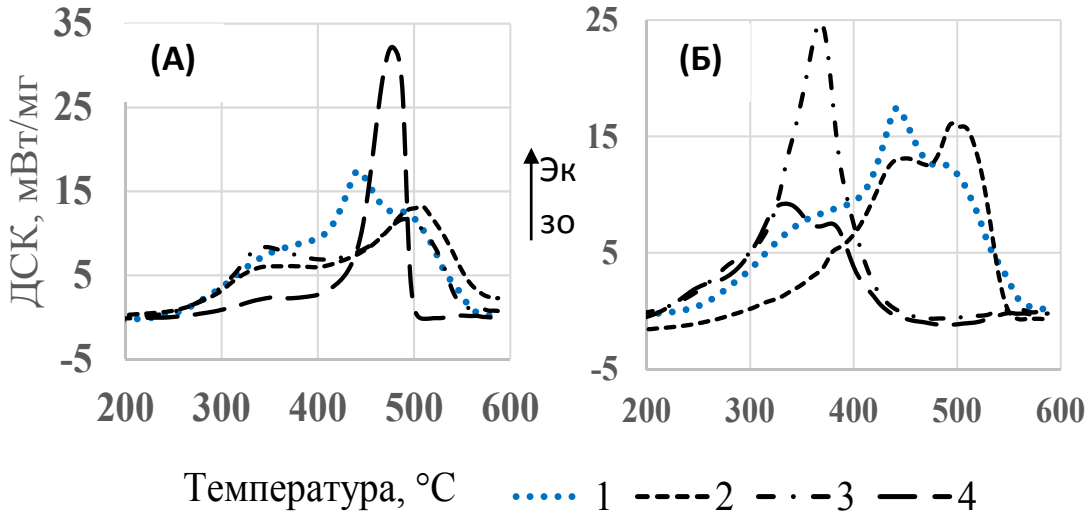


Рисунок 4 – ДСК-профили натуральной и модифицированной коры лиственницы (МКЛ) до и после контактирования с раствором сульфата меди – (А) и (Б), соответственно: экзотермы – термическое разложение вещества образцов (200–600 °С). 1 – натуралная кора лиственницы (А) и (Б), 2 – МКЛ-СК, (А); МКЛ-СК-Cu, (Б); 3 – МКЛ-АК, (А); МКЛ-АК-Cu, (Б); 4 – МКЛ-ГН, (А); МКЛ-ГН-Cu, (Б).

С помощью метода ДСК установлены значительные изменения термических свойств коры лиственницы, вызванные как модифицированием, так и сорбцией Cu^{2+} (рис. 4). Так, эндоэффект, связанный с испарением влаги выражен слабо для всех образцов модифицированной коры, что затрудняет его надежное определение в программной среде «NETZSCH Proteus Thermal Analysis 4.8.4». Величина экзоэффекта термического разложения вещества всех образцов МКЛ уменьшена по сравнению с натуральной корой и состовляет от 51,0 до 91,0% тепловы деления при термодетрукции необработанной коры. Показательно изменение формы ДСК-профилей модифицированной коры (до и после сорбции катионов Cu^{2+}) в температрном диапазоне от 200 до 600 °С (рис. 4): по числу и температуре максимумов на ДСК-кривых, высоте пиков.

На рисунке 5 представлен один из результатов анализа сорбента на основе коры лиственницы с помощью сканирующего электронного микроскопа, совмещенного с рентгено-флуоресцентным анализатором. Непосредственная визуализация частицы МКЛ-СК-Cu и прямое имерение локальной концентрации сорбированной меди свидетельствуют о целесообразности получения катионнообменных сорбентов по предлагаемому нами способу путем модифицирования коры хвойных пород.

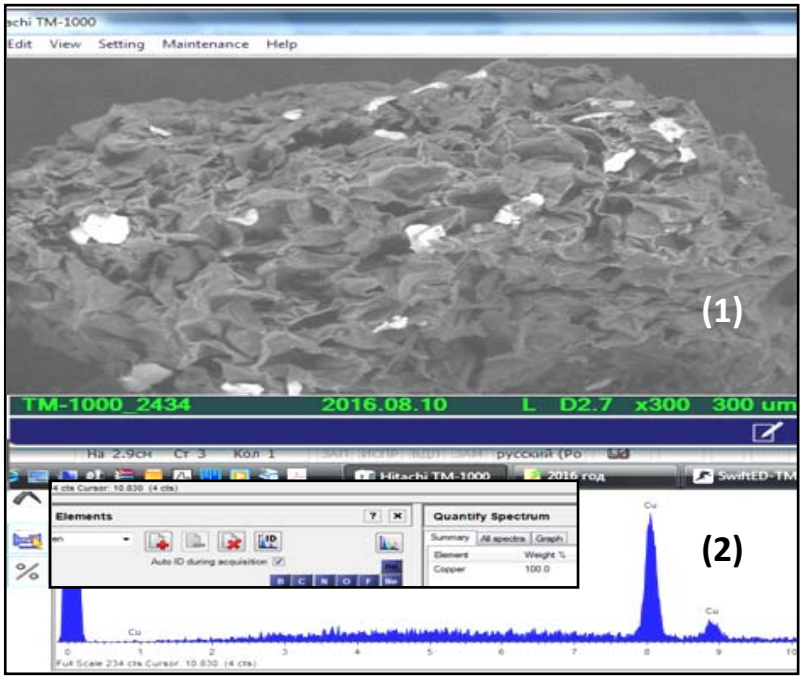


Рисунок 5 – РЭМ-изображение частицы модифицированной коры лиственницы после контактирования с раствором сернокислой меди (МКЛ-СК-Cu) (1) и рентгено-флуорес-центный спектр агрегатов металла (белые вкрапления на фото) (2), отвечащий 100 %-му содержанию меди.

Резюмируя изложенное, следует отметить, что термические методы анализа и растровая электронная микроскопия позволяют экспрессно получать важную информацию о продуктах модификации коры (другого растительного сырья) необходимую для созания новых и усовершенствования существующих способов переработки растительного сырья в полезные продукты.

Библиографический список:

1. Лоскутов С.Р., Анискина А.А., Пермякова Г.В., Пляшечник М.А. Продукты технического назначения из коры хвойных пород / Изд-во СО РАН, Новосибирск. 2010 г. 113 с.
2. Семенович А.В., Шапченкова О.В., Анискина А.А., Лоскутов С.Р. Извлечение катионов Cu2+, Zn2+, Cr2+, Pb2+, Ni2+ из водных растворов моддифицированной корой древесных пород // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2016. № 10 (144). – С. 76-81.
3. Li C.-R., Tang T.B., Isoconversion method for kinetic analysis of solid-state reactions from dynamic thermoanalytical data // Journal of materials science. – 1999. – Vol. 34, No 14. – P. 3467-3470.
4. Mamleev V., Dourbigot S., Le Bras M., Lefebvre J. Three model-free methods for calculation of activation energy in TG // J. Therm. Anal. Calorim. 2004. Vol. 78. No. 3. – P. 1009–1027.

УДК 561.284.579.61

А.Е. Васюк
В.В. Тарнопольская
Н.Д. Тихонова
М.В. Солодкова
Е.В. Алаудинова
П.В. Миронов

ЭКСТРАКТЫ ИЗ БИОМАССЫ ГЛУБИННОГО МИЦЕЛИЯ БАЗИДИОМИЦЕТОВ *PLEUROTUS* И *LENTINULA*

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М.Ф. Решетнёва»
г. Красноярск

Базидиальные грибы привлекают значительный интерес исследователей в качестве продуцентов широкого спектра биологически активных веществ (БАВ). В ряде работ показано [1-3], что выращиваемый в условиях искусственной культуры мицелий базидиомицетов не уступает плодовым телам, собранным в природе, а в ряде случаев превосходит их по содержанию биологических ценных компонентов. Отмечается [4-5], что экстракты мицелия базидиомицетов обладают значительным лечебно-профилактическим действием и находят применение в традиционной и нетрадиционной медицине [6].

На кафедре химической технологии древесины и биотехнологии проводятся комплексные исследования по разработке технологии глубинного культивирования на жидких субстратах растительного происхождения и использованию выращенной биомассы высших базидиомицетов рода *Pleurotus* и *Lentinula* для получения грибных экстрактов и различных БАВ с целью обогащения продуктов питания и повышения их пищевой ценности.

В связи с этим, целью данной работы являлось получение и характеристика водно-спиртовых экстрактов глубинного мицелия базидиальных грибов.

Объектом исследования явились штаммы базидиальных грибов: PD-3.2 *Pleurotus djamor* (*P. djamor*) – вешенка розовая, PC-1.2 *Pleurotus citrinopileatus* (*P. citrinopileatus*) – вешенка лимонная, LE-10 *Lentinula edodes* (*L. edodes*) – шиитаке, чистые культуры которых были выделены из коммерческих плодовых тел.

Глубинное культивирование для наращивания биомассы мицелия осуществляли в стационарном лабораторном биореакторе «CeCa-Cx650», Великобритания в течение 96 часов при температуре 26±1 ^{o}C, pH 5,0 и непрерывном барботировании стерильным воздухом (расход воздуха 100 л/ч на 1 л среды). В качестве питательной среды использовали гидролизаты растительного сырья с содержанием редуцирующих веществ 3 %.

Грибные экстракты получали из предварительно высушенной и измельченной глубинной биомассы *P. djamor*, *P. citrinopileatus* и *L. edodes* методом настаивания. Сырье экстрагировали при 20 ^{o}C в 60-ти и 70-ти % водно-спиртовых растворах с закрытыми крышками и периодическом перемешивании в течение одних суток. Затем фильтровали и центрифугировали при 9000 об/мин. Далее исследовали надосадочную жидкость. Характеристика экстрактов по содержанию экстрактивных веществ, приведена в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристика экстрактов

Водно-спиртовые экстракты	Содержание, % от а.с.м.		
	суммарные экстрактивные вещества	экстрактивные вещества, извлекаемые спиртом	экстрактивные вещества, извлекаемые водой
Глубинный мицелий *P. djamor* 60 %	23,55±1,18	1,50±0,09	22,05±1,10
Глубинный мицелий *P. djamor* 70 %	23,76±1,19	1,00±0,05	22,76±1,14
Глубинный мицелий *P. citrinopileatus* 60 %	20,11±1,01	1,00±0,05	19,11±0,96
Глубинный мицелий *P. citrinopileatus* 70 %	20,86±1,04	1,90±0,1	18,96±0,95
Глубинный мицелий *L. edodes* 60 %	20,43±1,02	2,10±0,11	18,33±0,92
Глубинный мицелий *L. edodes* 70 %	22,37±1,12	6,20±0,31	16,17±0,81

Полученные экстракты из биомассы глубинных культур содержат значительное количество экстрактивных веществ – от 20,11 до 23,76 %. Из данных таблицы видно, что содержание экстрактивных веществ в экстрактах *P. djamor* и *P. citrinopileatus* при увеличении концентрации экстрагента практически не изменяется. В тоже время, в экстрактах *L. edodes* при увеличении концентрации экстрагента содержание экстрактивных веществ увеличивается на 8-9 %.

Рассматривая состав экстрактивных веществ необходимо отметить, что во всех случаях в составе преобладают вещества, извлекаемые водой. В экстрактах культур *P. djamor* и *P. citrinopileatus* экстрактивные вещества извлекаемые водой составляют 92-95 % от суммарных экстрактивных веществ. Для экстракта *L. edodes* содержание экстрактивных веществ, извлекаемых водой, не превышает 81 %. Соответственно содержание экстрактивных веществ извлекаемых спиртом в экстрактах обеих культур *Pleurotus* не превышает 5-7 %, а в экстракте *L. edodes* – 19 % от суммы экстрактивных веществ.

Анализируя полученные данные, можно сделать заключение, что эффективным экстрагентом для максимального извлечения экстрактивных веществ из биомассы глубинных культур *P. djamor*, *P. citrinopileatus* и *L. edodes* является 70-ти % водно-спиртовый раствор.

В полученных экстрактах доминируют вещества, извлекаемые водой (до 95 % от суммарных экстрактивных веществ), что свидетельствует о наличии большого количества водорастворимых биологически активных соединений.

Библиографический список:

1 Жизнь растений в шести томах. Т. 2. Грибы / Под ред. М.В. Горленко. – М. : Просвещение, 1976. – 479 с.
2 Беккер, З. Э. Физиология и биохимия грибов / З. Э. Беккер. – М. : Изд-во МГУ, 1988. - 230 с.
3 Биологические особенности лекарственных макромицетов в культуре: Сборник научных трудов в двух томах. Т.1/ Под ред. С. П. Вассера. – Киев : Альтерпрес, 2011. – 212 с.

4 Оценка возможности использования базидиальных грибов в качестве источников биоактивных липидных компонентов / Т. С. Гвоздкова [и др.] // Успехи медицинской микологии, 2007. – Т. IX. – С. 151-154.
5 Соломко, Э. Ф. Сравнительный химический состав и питательная ценность мицелия съедобных грибов, выращенных глубинным методом / Э. Ф. Соломко // Производство высших съедобных грибов в СССР. – Киев : Наук. думка, 1978. – С. 98-104.
6 Ажгихин И. С. Технология лекарств / И. С. Ажгихин. – М.: Медицина, 1980. – 440 с.

УДК 581.6:582.47:674.8

Г.В. Пермякова
Е.А. Петрунина

ЭКСТРАКЦИЯ КОРЫ ХВОЙНЫХ ВОДОЙ С ДОБАВЛЕНИЕМ МОНО- И ТРИЭТАНОЛАМИНА

ФГБУН ФИЦ КНЦ СО РАН Обособленное подразделение Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН
г. Красноярск

Исследованы новые варианты извлечения экстрактивных веществ с помощью бинарных водно-органических систем экстрагентов. Показано, что предлагаемый способ получения экстрактивных веществ коры обеспечивает существенно более высокий выход целевого продукта, чем традиционные методы экстракции данного сырья.

Первостепенное значение при постановке задачи экстракционной переработки коры имеет выбор типа экстрагента, обеспечивающего высокую степень извлечения целевых компонентов.

Основные требования, предъявляемые к растворителю (и/или к бинарным и тройным системам) заключаются в следующем. Экстрагент должен обладать высокой экстрагирующей способностью, быть химически индифферентным по отношению к целевым компонентам, стабильным к температурным и химическим воздействиям при условиях проведения экстракции. Важным условием использования данного растворителя в производстве являются его малотоксичность, регенерируемость, пониженная взрыво- и пожароопасность, недефицитность, приемлемая цена.

В контексте этих требований в качестве добавок к основному экстрагенту (воде) интересны моноэтаноламин (МЭА) и триэтаноламин (ТЭА). Ранее был предложен новый способ экстрагирования коры лиственницы [1], заключающийся в использовании органического растворителя – амфолита в качестве добавки к основному экстрагенту – воде.

Выбор МЭА и ТЭА в качестве добавки к воде как основному компоненту экстрагирующей смеси обусловлен следующими причинами. Во-первых, это типичные амфолиты, следовательно, их присутствие в экстрагенте будет способствовать переходу в жидкую фазу веществ различной природы и, тем самым, обогащению состава экстрактов. Во-вторых, являясь антиоксидантами и слабыми деструктурирующими агентами для лигнина [2], МЭА и ТЭА способны предотвращать окислительные процессы, а также ингибировать конденсацию полифенольных соединений (которые являются преобладающими компонентами экстрактивных веществ коры) и обеспечивать сохранность углеводного комплекса [3]. В-третьих, при использовании МЭА и ТЭА может быть повышена скорость и полнота извлечения экстрактивных

веществ (*ЭВ*), поскольку данные растворители являются хорошими агентами набухания для растительного сырья.

Экстрагированию подвергались воздушно-сухие образцы измельченной коры фракции 0,5÷1,0 мм. Концентрация МЭА и ТЭА в воде составляла 1,0; 2,5; 5,0 %; температура 80 ^{o} С; продолжительность экстрагирования 6 часов; жидкостный модуль 1:10; выход экстрактивных веществ определяли гравиметрически. Исследования проводили по методикам, подробно описанным в работе [1].

Полученные экстракты были проанализированы методом ВЭЖХ на базе Красноярского регионального центра коллективного пользования ФИЦ КНЦ СО РАН. Измерения проводили с помощью хроматографа Agilent HPLC 1200 Series с диодно-матричным спектрофотометрическим детектором (Agilent Technologies, USA), колонка Zorbax SB-C18, 2,1*150 мм, 5 мкм, предколонка 20 × 2,1 мм Zorbax SB C8, 5 мкм (Agilent, США). Колонку термостатировали при 30 °C. В качестве подвижных фаз использовали смеси водного раствора уксусной кислоты, pH 3,3 (A) и ацетонитрила (B) для градиентного ВЭЖХ (Panreac, Spain).

Установлено влияние концентрации МЭА в воде на выход и групповой состав *ЭВ* коры лиственницы. Показано, что предлагаемый способ получения *ЭВ* лиственницы обеспечивает существенно более высокий выход целевого продукта с повышенной долей соединений фенольной природы, чем традиционные методы экстракции данного сырья горячей водой, водно-спиртовым раствором щелочи [4] и нетрадиционные, например, дробная экстракция коры после ее активации по методу неизобарного парокрекинга различными по полярности растворителями [5]. Так, в частности, при изменении концентракции МЭА от 1 до 5 % выход *ЭВ* коры лиственницы возрастал от 30,5 до 51 % (к массе абс. сух. сырья); при этом массовая доля фенольных соединений (простые и полифенольные вещества) увеличивалась от 7 до 50 % (к массе абс. сух. экстракта). Следует отметить также, что проэкстрагированння кора (одубина) содержит до 39 % целлюлозы и, следовательно, может быть направлена в дальнейшем на делигнификацию.

Изучено влияние концентрации МЭА и ТЭА в воде, используемой в качестве экстрагента, на выход *ЭВ* коры *Larix sibirica* L, *Pinus silvestris* L, *Abies sibirica* L. На рисунке 1 представлены результаты определения общего выхода *ЭВ* в экстрактах в зависимости от концентрации добавленных к воде МЭА и ТЭА в коре лиственницы, сосны и пихты.

При увеличении массовой доли органического растворителя в экстракте наблюдается возрастание выхода *ЭВ*. Прирост выхода *ЭВ* составляет 3,9; 3,5; 3,5 % на 1 % увеличения органического растворителя (МЭА) в экстрагенте в коре лиственницы, сосны и пихты соответственно и 5,9; 8,6; 8,5 % на 1 % увеличения ТЭА в экстрагенте. МЭА; (б) 1 – 1,0; 2 – 2,5; 3 – 5,0 % ТЭА.

Сравнение приведенных выше результатов с имеющимися в литературе сведениями [4; 5] свидетельствует о существенных преимуществах предлагаемого нами варианта экстракции коры. Так, в первом случае [4] наибольший выход *ЭВ* (около 50 %) достигался только при двухстадийной экстракции сырья. Во втором [5] – общий выход *ЭВ* не превышал 29 %.

Из полученных результатов следует, что использование МЭА и ТЭА в качестве добавки к основному экстрагенту (воде) в количестве от 1,0 до 5,0 % позволяет извлекать из коры хвойных от 16 до 69 % низкомолекулярных веществ, в то время как в других вариантах извлечения *ЭВ* максимальный выход составлял около 30 % при суммарной концентрации органических растворителей в экстрагенте 12,3 %. Кроме того, состав экстрактов коры хвойных, получаемых водой с добавлением МЭА и ТЭА, делает их (экстракты) перспективными для дальнейшей переработки.

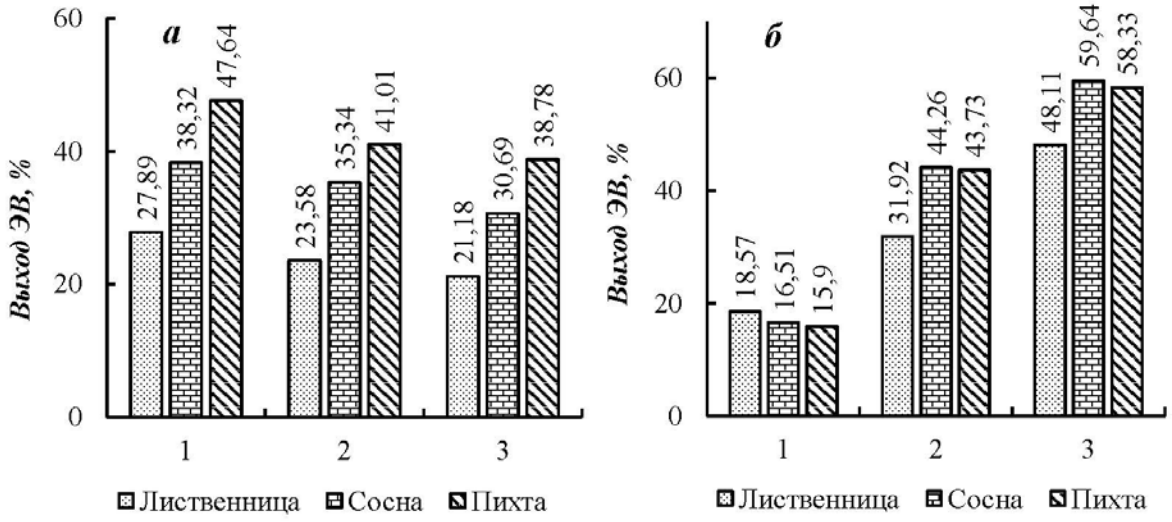


Рисунок 1 – Зависимость выхода экстрактивных веществ от концентрации МЭА (а) и ТЭА (б) при экстрагировании коры лиственницы (1), сосны (2) и пихты (3). По оси абцисс: (а) 1 – 1,0; 2 – 2,5; 3 – 5,0 %

Проведен анализ 24 проб экстрактов сосны, лиственницы, пихты с добавками 1,0; 2,5; 5,0 % моноэтаноламина (МЭА) или триэтаноламина (ТЭА) на содержание следующих веществ: кверцетин, дегидрокверцетин, бензойная, салициловая, коричная кислоты, фенолы (фенол, гваякол, м-, п- и о-крезолы, 2,6-ксиленол). В качестве примера в табл. 1 и хроматограмме на рис. 2 представлена часть полученных результатов.

Таблица 1 – Результаты анализа проб экстрактов коры пихты

Содержание основания в пробах пихты	Фенол, мг/л
1,0 % МЭА	0,31 ± 0,08
2,5 % МЭА	2,4 ± 0,4
5,0 % МЭА	10,0 ± 2,0
1,0 % ТЭА	1,8 ± 0,5
2,5 % ТЭА	1,9 ± 0,5
5,0 % ТЭА	2,5 ± 0,6

Несмотря на большое количество пиков на хроматограммах, идентифицировать удалось не многие пики. Стоит отметить, что, даже при наличии стандартов, определение фенольных соединений может быть затруднено, вследствие большого количества пиков и слабой разделительной способности системы для таких сложных проб, возможного мешающего влияния широких пиков.

На всех хроматограммах наблюдаются два широких пика разной интенсивности в районе 15-25 и 25-30 минут. По-видимому, эти широкие пики отвечают группе полимерных соединений фенольной природы. В общем случае с увеличением содержания МЭА или ТЭА интенсивность первого широкого пика увеличивается. Меньшая интенсивность этого пика на пробах, полученных с использованием ТЭА, по сравнению с пробами на основе МЭА можно объяснить тем, что 1,0 % МЭА отвечает

молярная концентрация ≈ 0,16 М, а 1,0 % ТЭА ≈ 0,067 М, т.е. почти в 2,4 раза меньше. Кроме того, ТЭА является более слабым основанием: pK_a(МЭА) = 9,50, pK_a(ТЭА) = 7,77. Для второго широкого пика и узких пиков, отвечающих низкомолекулярным соединениям, общих закономерностей по зависимости площадей пиков от содержания МЭА и ТЭА не наблюдается.

Полученные образцы экстрактов концентрировали в ротационном вакуумном испарителе (t = 40 ^{o} С) в 10 раз для дальнейших биологических и технических испытаний.

Таким образом экстракция коры хвойных *Larix sibirica* L., *Pinus sylvestris* L., *Abies sibirica* L. водой с добавлением моно- и триэтаноламина позволяет извлекать из коры от 16 до 69 % низкомолекулярных веществ. Увеличение массовой доли органического растворителя в экстракте приводит к возрастанию выхода экстрактивных веществ. Состав получаемых экстрактов коры хвойных делает их весьма перспективными для дальнейшей переработки.

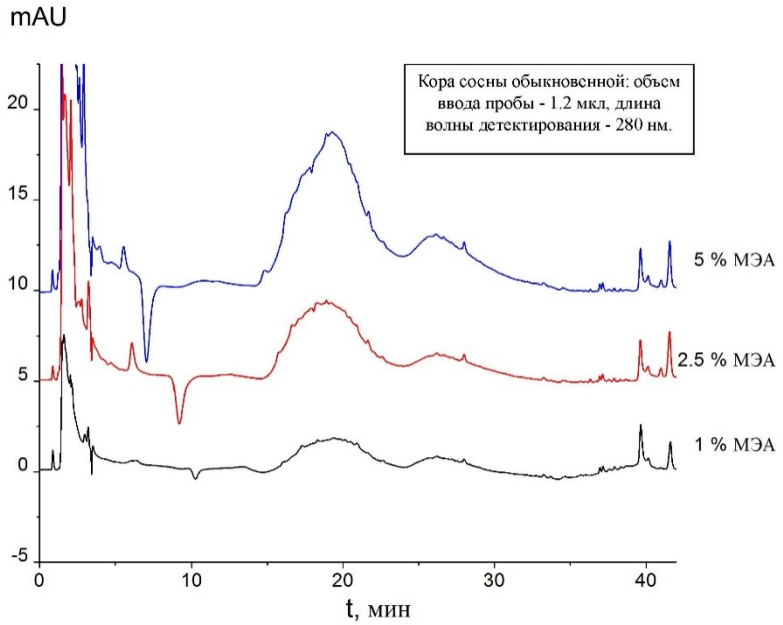


Рисунок 2 - Хроматограмма (ВЭЖХ) экстрактов коры сосны

Авторы выражают благодарность сотрудникам КРЦКП ФИЦ КНЦ СО РАН В.В. Сурсяковой[а] и А.И. Рубайло[а, б, в] ([а]Институт химии и химической технологии СО РАН Россия 660036, Красноярск, ул. Академгородок 50/24 [б]Сибирский федеральный университет Россия 660041, Красноярск, пр. Свободный, д. 79, [в]Красноярский научный центр СО РАН, Россия 660036, Красноярск, ул. Академгородок 50) за ВЭЖХ-анализы экстрактов, а также сотруднику Института леса им. В. Н. Сукачева СО РАН М.А. Пляшечник, участвовавшей в проведении экспериментов.

Библиографический список:

1. Лоскутов, С.Р. Влияние добавок моноэтаноламина на экстракцию коры *Larix sibirica* Ledeb / С.Р. Лоскутов, Г.В. Пермякова, А.А. Анискина, Г.И. Перышкина // Растительные ресурсы. – 1997. – Т. 33, N 2. – С. 74–78.

2. Московцев, Н.Г. Влияние моноэтаноламина и антрахинона на процесс щелочной варки древесины сосны / Н.Г. Московцев, Э.И. Чупка // Химия древесины. – 1981. – N 3. – С. 31–33.
3. Чуйко, Г.В. Влияние моноэтаноламина на делигнификацию древесины / Г.В. Чуйко, Э.И. Чупка, В.М. Никитин // Химия и использование лигнина. – Рига, 1974. – С. 289–293.
4. Левин, Э.Д. Экстракция коры лиственницы сибирской спиртовым раствором щелочи / Э.Д. Левин, И.И. Астапкович, Т.В. Рязанова // Химия древесины. – 1980. – N 4. – С. 93–97.
5. Свойства древесины и целлюлозы / В.А. Левданский, Б.Н. Кузнецов, С.М. Репях, М.Л. Щипко, Т.А. Шилкина. – Петрозаводск. – 1980. – С. 156–176.

УДК 561.284.579.61

В.В. Тарнопольская
Е.В. Алаудинова
Р.Х. Эназаров
А.Е. Васюк

ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ЗОЛЫ ГЛУБИННОГО МИЦЕЛИЯ *PLEUROTUS OSTREATUS*

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М.Ф. Решетнева»
г. Красноярск

Одной из актуальных задач, стоящих перед современной промышленной биотехнологией, является поиск экологически чистых, безопасных и возобновляемых источников белка, витаминов, ферментов и других биологически активных веществ (БАВ). В последние десятилетия внимание исследователей привлекли высшие базидиальные грибы, в частности представители рода *Pleurotus*, как перспективные продуценты для биотехнологического производства белковых препаратов и комплекса соединений с высокой физиологической активностью. По данным научной литературы [1, 2] и результатам проведенных на кафедре химической технологии и биотехнологии исследований [3, 4], культивируемый в глубинных условиях мицелий ксилотрофных базидиомицетов рода *Pleurotus* является полноценным источником белка, полисахаридов, витаминов и иных биологически активных веществ, при этом важным параметром оценки качества получаемых продуктов является определение содержания в их золе биогенных элементов, а также установление их безопасности по уровню содержания тяжелых металлов.

Объектом исследования явился штамм базидиального гриба вешенки устричной *Pleurotus ostreatus* (*P. ostreatus*) РО-4.1, чистая культура которого была выделена из коммерческих плодовых тел и хранятся в коллекции кафедры химической технологии и биотехнологии. Полученную из поверхностного мицелия глубинную культуру использовали в качестве инокулята для глубинного культивирования в лабораторном биореакторе «CeCa-Cx650» (Великобритания) в течение 96 часов при температуре 26±1 ^{o}C, pH 5,0 и непрерывном барботировании стерильным воздухом (расход воздуха 100 л/ч на 1 л среды). В качестве питательной среды использовали простерилизованный 3 % раствор крахмала с добавками минеральных солей.

Зольность образцов определяли по [5], содержание индивидуальных зольных компонентов определяли рентгено-флуоресцентным методом с помощью прибора марки «Спектроскан 004» (НПО «СПЕКТРОН», С.-Пб).

Общая зольность глубинно выращенного мицелия *P. ostreatus* составила 4,75 % от абсолютно сухой биомассы. Элементный состав золы представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Элементный состав золы глубинной культуры *Pleurotus ostreatus* РО-4.1

Наименование элемента	Допустимое содержание по СанПиН 2.3.2.1078-01, не более мкг/г	*P. ostreatus* РО-4.1, мкг/г а.с.м. мицелия
Ртуть	0,03	следы
Мышьяк	0,5	следы
Медь	10	3,37 ± 0,17
Свинец	0,5	следы
Кадмий	0,1	не обнаружено
Цинк	20	5,17± 0,26
Фосфор	не установлено	не обнаружено
Калий	не установлено	не обнаружено
Магний	не установлено	не обнаружено
Железо	50	1,68 ± 0,084
Йод	не установлено	0,074 ± 0,003
Цезий	не установлено	не обнаружено
Марганец	не установлено	0,12 ± 0,06
Никель	1,9	0,297 ± 0,015
Хром	0,6	не обнаружено
Бром	не установлено	0,49 ± 0,024

Анализируя данные таблицы 1, можно сказать, что в золе глубинного мицелия преобладают цинк, медь и железо, относящиеся к биологически ценным элементам, необходимым для полноценной жизнедеятельности организмов. В то же время, необходимо отметить, что содержание цинка, меди и железа существенно меньше по сравнению с предельно допустимыми нормами, установленными СанПиН [6]. При этом токсичные элементы и тяжелые металлы, такие как ртуть, мышьяк и свинец, обнаружены лишь в следовых количествах.

Кроме того, по результатам экспертизы, проведенной КГКУ «Красноярская краевая ветеринарная лаборатория», мицелий *P. ostreatus* нетоксичен и непатогенен для теплокровных организмов.

Таким образом, результаты исследования состава золы глубинной культуры *P. ostreatus* позволяют рекомендовать ее к использованию в качестве продуцента для получения обогащенной белком и биологически активными веществами биомассы, а

также для производства кормовых продуктов при микробиологической переработке растительного сырья.

Библиографический список:

1 Биологические особенности лекарственных макромицетов в культуре: Сборник научных трудов в двух томах. Т.1/ Под ред. С. П. Вассера. – Киев : Альтерпрес, 2011. – 212 с.
2 Соломко, Э. Ф. Сравнительный химический состав и питательная ценность мицелия съедобных грибов, выращенных глубинным методом / Э. Ф. Соломко // Производство высших съедобных грибов в СССР. – Киев: Наук. думка, 1978. – С. 98-104.
3 Химический состав глубинной культуры ксилотрофных базидиомицетов рода *Pleurotus* / В. В. Тарнопольская, Е. В. Алаудинова, А. С. Саволайнен [и др.] // Хвойные бореальной зоны, 2014. – № 1-2. – С. 78-80.
4 Тарнопольская, В. В. Биомасса глубинного мицелия базидиальных грибов как источник белка и комплекса биологически активных веществ / В. В. Тарнопольская, О. В. Киселева, Е. В. Алаудинова [и др.] // Биотехнологии в химико-лесном комплексе: материалы Междунар. науч. конф. – Архангельск, 2014. – С.287-290.
5 Чупрова, Н. А. Химия древесины. Химия древесины и синтетических полимеров : лабораторный практикум для студентов всех форм обучения специальности 240406.55 Технология химической переработки древесины направления 240406.62 Химическая технология и биотехнология / Н. А. Чупрова, Е. В. Исаева. – Красноярск : СибГТУ, 2008. – 64 с.
6 СанПиН 2.3.2.1078-01. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. – М. : 2001. – 180 с.

УДК 630.866.1

Л.В. Гаврилова
О.А. Грак
Е.В. Исаева

ЭФИРОРАСТВОРИМЫЕ ВЕЩЕСТВА ВЕГЕТАТИВНОЙ ЧАСТИ ТОПОЛЯ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М.Ф. Решетнева»
г. Красноярск

Изучена динамика содержания эфирорастворимых веществ в почках тополя бальзамического, произрастающего в Красноярском крае. Установлено, что наибольшее количество веществ из почек тополя извлекается диэтиловым эфиром (28,5-34,5 %), а из листьев – петролейным эфиром (3-23 % а.с.с.). В составе эфирорастворимых веществ обнаружены полипренолы, содержание которых в почках тополя составляют около 1 %, листьях 0,1 % а.с.с.

В настоящее время большой интерес представляет исследование и переработка растительного сырья. По химическому составу растительные ткани представляют собой сложный комплекс, состоящий в основном из органических веществ различного состава. Растительное сырье кроме основных компонентов содержит экстрактивные вещества. В зеленых частях (листьях, хвое) дерева содержание экстрактивных веществ

выше, чем в древесине, что делает их неисчерпаемым сырьем для производства биологически активных веществ,

В состав экстрактивных веществ водят нейтральные липиды, фенольные соединения, эфирные масла, флаваноиды, дубильные вещества, так же полипренолы, которые обнаружены в растительном сырье хвойных и лиственных пород.

Перспективными источниками полипренолов являются древесина и древесная зелень хвойных и лиственных пород деревьев, где содержание полипренолов составляет от 0,001 до 2 % от массы абсолютно сухого сырья (а.с.с.) [1, 2].

Полипренолы – изопреноидные липиды природного происхождения. Они относится к той же группе соединений, что и хорошо известные каротин, ретинол (витамин А), убихинон (коензим Q), нафтохинон К. От ближайших соседей полипренолы отличаются длинной изопреноидной цепью и отсутствием циклических соединений.

В сравнении с постоянно пополняющейся армией антиоксидантов, для полипренолов природой определены такие жизненно важные функции в клетках, что заменить их чем-тодругим практически невозможно. Полипренолы – уникальные транспортные липиды – ключевое звено в биосинтезе N-гликозидной связи гликопротеинов [3]. Как природные низкомолекулярные биорегуляторы, они входят в состав клеточных мембран тканей практически всех биологических объектов, где осуществляют транспорт гидрофильных молекул в ходе биосинтеза полисахаридов, гликопротеинов и подобных им углеводсодержащих полимеров, а также служат «липидным якорем» для локализации молекулы на мембране [4].

К уникальным источником природных соединений можно отнести вегетативную часть тополя [5-7].

В данной работе приведены результаты исследования состава экстрактивных веществ почек и листьев тополя.

Для анализа брали листья и почки тополя бальзамического, произрастающего на территории Красноярска, из которых выделяли эфиро- и спирторастворимые вещества. Этиловый спирт является перспективным экстрагентом для наиболее полного извлечения эстрактивных веществ, служит так же хорошим консервантом и экологически безопасен, разрешен для использования в косметической и парфюмерной промышленности.

Полученные в результате экстракции спиртовые экстракты упаривали под вакуумом, остаток растворяли в горячей воде и в дальнейшем подвергали фракционированию различными растворителями с возрастающей полярностью (петролейный эфир, диэтиловый эфир, этилацетат и бутанол).

Особый интерес представляют фракции веществ, извлекаемые из сырья петролейным и диэтиловым эфиром, в состав которых водят эфирные масла, свободные жирные кислоты, нейтральные вещества, н-алканы, зеленые пигменты, а так же полипренолы [2, 8].

Содержание спирто- и эфирорастворимых веществ в почках тополя представлены в таблице 1.

По полученным результатам, представленным в таблице 1, видно, что минимальное содержание веществ, извлекаемых петролейным эфиром из почек тополя, наблюдается в пробах, отобранных в январе, а максимальное количество – в апрельских пробах (1,93 % от а.с.с.).

Из экстракта почек тополя бальзамического в петролейный эфир переходит около 5 % спирторастворимых веществ. В составе этих веществ обнаружены моно- и сесквитерпеноиды, не содержащие в своей структуре кислород (65 % и более от веществ, извлекаемых петролейным эфиром), н-алканы (C_{23}-C_{29}), жирные кислоты

(пальмитиновая, олеиновая и линолевая), частично пигменты (3,0 мг% каротиноидов, 9,7 мг% зеленых пигментов) и другие вещества [5].

Таблица 1 – Содержание экстрактивных веществ в почках тополя бальзамического

Используемый растворитель	Содержание, % от а.с.с.			
	январь	февраль	март	апрель
Этиловый спирт	37,09	36,45	34,91	36,71
Петролейный эфир	1,29	1,41	1,72	1,93
Диэтиловый эфир	28,50	34,52	29,52	27,67

Наибольшее количество веществ этанольного экстракта почек тополя извлекается диэтиловым эфиром – 72 % от суммы экстрактивных веществ. В состав нейтральных веществ почек входят преимущественно нейтральные кислородсодержащие соединения, среди которых основное место занимают классы сложных эфиров и спиртов. Сложные эфиры экстракта представлены несколькими группами соединений: моно-, ди-, триацилглицеролы (58 % от суммы веществ, растворимых в диэтиловом эфире), эфиры стеринов (эргостерилацетат), ацетаты спиртов. В состав веществ, растворимых в диэтиловом эфире, частично входят гликолипиды [5].

В таблице 2 приведено содержание экстрактивных веществ в листьях тополя.

Таблица 2 – Содержание экстрактивных веществ в листьях тополя бальзамического

Используемый растворитель	Содержание, % от а.с.с.		
	июнь	июль	август
Этиловый спирт	15,2	14,5	34,7
Петролейный эфир	3,09	3,82	23,23
Диэтиловый эфир	2,53	2,88	10,71

В листьях, также как и в почках тополя, содержание веществ, извлекаемых петролейным эфиром, увеличивается в процессе развития листа. Доля веществ, переходящих в диэтиловый эфир из спиртового экстракта, увеличивается примерно в 4 раза.

Из литературы известно, что полипренолы относятся к эфирорастворимым веществам. В настоящее время известен ряд способов получения смеси полипренолов, запатентованных разными авторами [1,9, 10]. Для выделения полипренолов из вегетативной части тополя использовали методику их выделения из древесной зелени хвойных [2]. Сырье селективно экстрагировали растворителями для выделения нейтральных экстрактивных веществ, омыляли полученный раствор и далее разделяли с помощью колоночной хроматографии на силикагеле с выделением фракции полипренолов.

Результаты исследования показали, что выход полипренолов из почек тополя составил 1 %, из листьев 0,1 % от а.с.с. Полученный продукт представляет собой желтое подвижное масло, нерастворимое в воде, но смешивающееся с органическими растворителями, такими как гексан и ацетон.

Таким образом, вегетативная часть тополя может служить источником не только эфирных масел, липидов, флавоноидов, но и полипренолов.

Библиографический список:

1 Пат. 2053992 Российская Федерация, МПК C07C33/02, C07C29/00.. Способ получения смеси полипренолов [Текст] / Ралдугин В. А. [и др.]. заявитель и патентообладатель Новосибир. инст. орган. хим. СО РАН – № 93039402/04 ; заявл. 03.08.93 ; опубл. 10.02.96, Бюл. № 13. – 4 с.
2 Васильев, С.Н. Фракционирование смесей природных соединений, содержащих полипропенолы и изоабиенол, методом жидкостной экстракции [Текст] / С.Н. Васильев, В.И. Рощин // Лесной журнал. Изв. Вузов. – 1998. – №1. – С. 81-89.
3 Полипренолы [Электронный ркcурс]. – Режим доступа: http://dklab.org/polyru.html.
4 Лебедев, В. А. Центральные эффекты полипренолсодержащих препаратов [Текст]: дис. … канд. биол. наук / В. А. Лебедев. – Санкт-Петербург: ВМедА им. С. М. Кирова, 2014. – 147 с.
5 Исаева, Е.В. Исследование спиртового экстракта почек тополя бальзамического / Е.В. Исаева, Г.А. Ложкина, Т.В. Рязанова // Химия растительного сырья. – 2009. – № 1. – С. 83-88
6 Поляков, В.В. Биологически активные соединения растений *Populus* L. и препараты на их основе [Текст] / В.В. Поляков, С.М. Адекенов. – Алматы: Гылым, 1999. – 160 с.
7 Куркин, В.А. Исследование химического состава *Populus balzamifera* L. методом ВЭЖХ [Текст] / В.А. Куркин, В.Б. Браславский, Г.Г. Запесочная // Растительные ресурсы. – 1993. – Т.31, вып. 3. – С.85-90.
8 Исаева, Е.В. Комплексная переработка вегетативной части тополя бальзамического с получением биологически активных продуктов [Текст]: автореф. дис…д-ра техн. наук: 05.21.03 / Е.В. Исаева. – Красноярк, 2008. – 44 с.
9 Separation of dolichols and polyprenols by straight-phase high-performance liquid chromatography [Text] : научное издание / R. K. Keller [et al.] // J. Cromatogr. – 1982. – Vol. 236, N 1. – P230-233 .
10 Королева, А. Л. Способ выделения полипренолов из растительного сырья [Текст] / А. Л. Королева, Л. П. Б Карманова, А. В. Кучин // Химия и химическая технология. – 2005. – Т. 48, вып. 3. – С. 97-98.

УДК 628.16.087

И.Я. Шестаков,
О.В. Раева

ВОЗМОЖНОСТИ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО СПОСОБА ДЕИОНИЗАЦИИ ВОДЫ ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОКОВ ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Сибирский государственный аэрокосмический университет
им. академика М.Ф.Решетнёваг. Красноярск,

В статье рассмотрены возможности электрохимического способа деионизации воды, который может быть использован для очистки стоков целлюлозно-бумажных производств от анионов и катионов. Показаны результаты экспериментальных исследований предлагаемого способа.

С каждым годом во всем мире растет потребность в чистой пресной воде, что связано, прежде всего, с бурным ростом промышленных производств. На сегодняшний день промышленностью используется около 30% устойчивого стока всех земных рек. Возвращаются эти воды в виде так называемых «сточных вод», содержащих большое

количество вредных веществ. Из-за повышенного загрязнения природных водоисточников традиционно применяемые технологии обработки воды стали недостаточно эффективными [1, 2, 3].

Сточные воды целлюлозно-бумажных комбинатов по виду загрязнений подразделяются на несколько потоков:корусодержащие, волокнокоалинсодержащие, щёлокосодержащие, кислые, дурнопахнущие хлорсодержащие, шлам- и золосодержащие, условно чистые и ливневые. Каждый из этих потоков имеет самостоятельную канализацию и подвергается цеховой очистке[4]. Тем не менее в сточных водах ООО “Енисейский ЦБК ” превышено содержание фенола в 5 раз, меди в 5-6 раз, марганца в 5 раз и цинка в 2 раза по сравнению с предельно-допустимой концентрацией(ПДК). Примерно такие же концентрации характерны для всех ныне действующих целлюлозно-бумажных комбинатов России.

Для очистки сточных вод от различных растворимых и диспергированных примесей применяют процессы анодного окисления и катодного восстановления, электрокоагуляции, электрофлотации и электродиализа. Все эти процессы протекают на электродах и между ними при пропускании через сточную воду постоянного электрического тока. Электрохимические методы позволяют извлекать из сточных вод ценные продукты при относительно простой автоматизированной технологической схеме очистки без использования химических реагентов. Основным недостатком этих методов является большой расход электроэнергии(10 и более кВт*час/м^3). Поэтому электрохимические методы очистки сточных вод не нашли широкого применения.

В СибГАУ им. М.Ф. Решетнёва разработан электрохимический способ очистки воды от анионов и катионов на переменном токе промышленной частоты[5,6] удельные энергозатраты при этом меньше по сравнению с известными методами.

Была разработана и изготовлена лабораторная установка для отработки технологии очистки. Лабораторная установка представляет собой электролизер, выполненный из чередующихся пластин. Материалы электродов: нержавеющая сталь 12Х18Н10Т и титановый сплав ОТ 4-0. расстояние между пластинами составляет 10-12 мм. Температура воды 20-25 °С. Вход воды в нижней части электролизера, выход – с противоположной стороны, сверху.

Значительное количество экспериментов(около 50) использовалось для анализа процесса очистки. В результате обработки экспериментальных данных получена зависимость между удельным количеством электричества и концентрацией ионов:

$$Q = K_1\Sigma [(C_0-C_k)/C_0] / n + K_2\Sigma [(C_{0\,max}-C_0)/C_{0\,max}] / n,$$

где Q – удельное количество электричества, необходимое для перевода ионов в нерастворимые соединения, Кл/л;C_0 – начальная концентрация ионов, мг/л;
$C_к$ – конечная концентрация ионов, мг/л; $C_{0\ max}$ – максимальная начальная концентрация ионов при данных условиях, зависит от состава воды и водных растворов; определяется наличием соединений, обладающих комплексообразовательными свойствами, мг/л; K_1 – эмпирический коэффициент, зависит от состава содержащихся в водном растворе ионов, Кл/л; K_2 – эмпирический коэффициент, зависит от начальной концентрации ионов, Кл/л; n – количество видов ионов, содержащихся в воде.

Жидкость пропускают между электродами, при этом необходимую величину тока определяют исходя из заданного расхода воды и удельного количества электричества по формуле:

$$I = QV,$$

где V - заданный расход жидкости, л/с.

Этим способом очищались природные воды. Результаты очистки природных вод приведены в таблице 1.

Таблица 1. Очистка природных вод.

Наименование	Начальная концентрация ионов, мг/л	Конечная концентрация ионов, мг/л
железо(Fe^{3+})	12	0,68
марганец(Mn^{4+})	0,66	0,43
хлориды(Cl^{-})	35,46	5,3
сульфаты(SO_4^{2-})	70	47
жесткость(Ca^{2+}+Mg^{2+})	10,85	5,4

Параметры процесса были следующими: напряжение U=18В, плотность тока на электродах i=2,88А/дм^2, удельный расход электричества Q=453Кл/л, энергозатратыW=9,12кВт·час/м^3.

При очистке сточных вод гальванических производств получены следующие показатели, представленные в таблице 2.

Таблица 2. Очистка сточных вод гальванических производств.

Название	Начальная концентрация ионов, мг/л	Конечная концентрация ионов, мг/л
железо(Fe^{3+})	5,0	0,42
хром(Cr^{6+})	0,4	0,01

Параметры электролиза: напряжение U=18В, плотность тока на электродах i=2А/дм^2, удельный расход электричества Q=362,5Кл/л, энергозатратыW=1,81кВт·час/м^3.

К основному достоинству данного способа можно отнести ускорение процесса седиментации и снижение концентрации как катионов так и анионов. Удаление нерастворимых осадков, образующихся в результате проведения электролиза, проводится отстаиванием в течение 20-30 мин., можно использовать известные методы: фильтрование, центрифугирование и другие. Данный способ рекомендуется использовать на этапе доочистки сточных вод после использования известных методов. В этом случае удельные энергозатраты уменьшаются.

Библиографический список

1. Водное хозяйство промышленных предприятий: справочное издание; в 2-х книгах. Книга 1 / Аксенов В.И. [и др.]; под ред. В.И. Аксенова. М.: Теплотехник, 2005. 640 с.

2.Ключков Б.Я. Экологические проблемы гальванотехники // Машиностроитель. 1997. №6. С. 33-35.

3. Яковлев С.В., Воронов Ю.В. Водоотведение и очистка сточных вод. М.: АСВ, 2004. 704 с.

4.Торочешников Н.С., Родионов А.И., Кельцев Н.В., Клушин В.Н. Техника защиты окружающей среды. М: Химия, 1981.-368 с.

5. Шестаков И.Я., Вдовенко В.Г. Способ электрохимической очистки воды и водных растворов от ионов тяжелых металлов.А.С. №1724591, С 02 F 1/46. Опубл. Б.И. №13 07.04.1992.

6. Стрюк А.И., Шестаков И.Я., Фадеев А.А., Фейлер О.В., Сурсяков А.А., Кушнир А.А. Способ очистки воды и водных растворов от анионов и катионов. Патент РФ №2213701, С 02 F 1/46//С 02 F 103:16. Опубл. Б.И. №28, 10.10.2003.

УДК 534.01: 621.6.09:674.05

Ю.А. Филиппов
Н.Ф. Янковская
К.Ю. Филиппов
Н.А. Амельченко

УВЕЛИЧЕНИЕ СТОЙКОСТИ БИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ЛЕНТОЧНЫХ ПИЛ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М.Ф. Решетнева»,
г. Красноярск

В технологии производства изделий лесной отрасли и машиностроения используются узкие ленточные пилы, выпускаемые с постоянным шагом зубьев, имеющих низкую работоспособность; с целью повышения стойкости и улучшения шероховатости поверхности распила предложены пилы улучшенной конструкции с переменным шагом зубьев, обеспечивающих увеличение эффективности их работы.

Ключевые слова: конструкция, пила, вибрация, биметалл, шаг зубьев

Узкие пилы шириной 10-60 мм применяются для раскроя листового материала, а также для отрезки стальных литников в машиностроении. Узкие ленточные пилы изготавливаются по ГОСТ 6532-77, где предусматривается постоянный шаг зубьев от 6 до 12 мм [1]. В технологии толщина пилы (s) выбирается из условия, обусловленного величиной напряжения, возникающего в процессе резания, анализируемого по функции [2,3]

$$s < 0{,}001D \qquad (1)$$

где D - диаметр шкива ленточнопильного станка.

Напряжения в пиле от изгиба на шкивах б, возникающих в процессе рабочего движения определяется по функции

$$б = E \cdot s / D \qquad (2)$$

где E - модуль Юнга.

Стойкость пил при распиловке древесного сырья не превышает 6 часов работы, после чего она затачивается на специальном заточном станке. Ленточные пилы используются для распиловки материалов различной твердости и прочности как в производстве изделий из древесины, особенно африканских пород, так и тонкого листового стального проката и труб большого диаметра, отнесенных к тонкостенным. В таких условиях работы ленточных пил, изготовленных из низколегированной инструментальной стали марок 9ХФ и 9ХФМ возникают усталостные дефекты, снижающие эффективность раскроя и срок службы пилы по причине:

-выкрашивания зубьев из-за некорректности выбора шага зубьев и режимов термообработки полотна пилы;

-увеличения амплитуд виброскорости и виброускорения по причине неравномерности изменения сил резания в переходных процессах резания, носящих ударный характер, особенно при увеличенном шаге зубьев;

-появления трещин во впадине зубьев, вырастающих из микротрещин межмолекулярного пространства вследствие усталостного старения.

Эти и другие дефекты, например, преждевременное затупление зубьев, можно снизить новыми подходами к конструированию полотен ленточных пил. Как показал анализ зарубежных технологий производства ленточных пил ведущими фирмами ФРГ и Японии, включая фирмы «Honsberg» и «Amada», величина стойкости ленточных пил для распиловки стального проката составляет более 140 часов. Такое значение стойкости пил в 18 раз превышает фактическое положение по стойкости отечественных ленточных пил. Несомненно, электронно-лучевая технология сварки быстрорежущих сталей с содержанием вольфрама до 10% и кобальта порядка 8% в зубе пилы обеспечила количественный и качественный скачок эффективности в эксплуатации пил. Следует отметить, использование переменного шага зубьев пилы минимизирует амплитуду виброускорения и улучшает качество поверхности, полученной пилением биметаллическими зубьями с разным количеством зубьев на один дюйм[4]. Положительные результаты по увеличению стойкости биметаллических ленточных пил получены при раскрое углепластика и волокнистой плиты с 3/4 tpi при скорости резания 75 м/мин.

Кроме того, биметаллические зубья ленточной пилы, легированные молекулярным слоем нитрида титана при полученной твердости HV2300 показали уменьшение износа вершины зуба до 21% по сравнению с нелегированной пилой.

Выполненные поисковые исследования подтвердили гипотезу о возможности повышении эффектности эксплуатации ленточных пил, изготовленных электронно-лучевой сваркой быстрорежущей стали марки Р6К5 на зубья с получением биметаллического состава. Кроме того, установлено:

-снижение эмиссионных амплитуд звукового давления и мощности до 14% за счет использования переменного шага зубьев;

-конструкция ленточной пилы с переменным шагом обеспечивает раскрой плит из анизотропных материалов, включая угле- и стеклопластики, а также тонких металлических труб большого диаметра;

-математический аппарат исследования используется при разработке выпускных квалификационных работ магистрантов.

Библиографический список

1. ГОСТ 6532-77. Пилы ленточные для распиловки древесины. Технические условия. Введен 1.07.78г.

2. Грубе А.Э. Дереворежущие инструменты. Лесн. про-сть, 1971.-344с.

3. Лэ Д. Механика формообразования стружки при ортогональном резании // Теоретические основы инженерных расчетов. Труды американского общества инженеров-механиков, ASME. 1984. Т.106. №1. С. 10–17.

4. Раменская Е.В., Филиппов Ю.А. Управление вибрацией средств технологического оснащения: монография/ Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т. Красноярск, 2011.172 с.

УДК 621.57

А.А. Кишкин

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЦИКЛИЧЕСКОГО РЕЖИМА РАБОТЫ ОХЛАЖДАЮЩЕЙ УСТАНОВКИ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева», г. Красноярск

Описывается постановка задачи моделирования циклического режима работы охлаждающей установки на базе парокомпрессионного цикла. Приводятся алгоритм и программа расчета параметров циклического режима работы. Анализируются результаты расчётного и экспериментального исследования.

Современная химическая техника и технология неразрывно связана с процессами производства и поддержания холода [1]. Способы охлаждения определяются уровнем требуемых температур. Одним из наиболее доступных способов охлаждения является использование парокомпрессионной холодильной машины [2]. При этом одним из ключевых вопросов задачи охлаждения является соблюдение рабочего температурного режима работы установки, что определяется ее системой регулирования.

Наиболее распространенным способом регулирования охлаждающих установок является регулирование пуском-остановом компрессора. Режим работы такой машины нестационарный, все параметры меняются по времени.

В рамках данной работы была создана экспериментальная установка для исследования переходных процессов охлаждающей установки малой производительности (до 200 Вт). На рис. 1 представлены графики экспериментальных временных зависимостей температур испарения, конденсации и охлаждаемого объема. На полученных графиках чётко выделяются периоды пуска, непрерывной работы и остановки компрессора.

В начале работы части охлаждающей установки имели температуру окружающей среды, температура в охлаждаемом объёме составляла +6 °С. Из графика видно, что на режим система вышла через 2 часа после запуска компрессора, далее пуск и остановка компрессора осуществлялись с периодом 30 минут, т.е. коэффициент рабочего времени составлял 0.5. Температура в охлаждаемом объёме менялась в диапазоне -18…-22 °С, максимальная температура хладагента в конденсаторе достигала +39 °С во время рабочего режима.

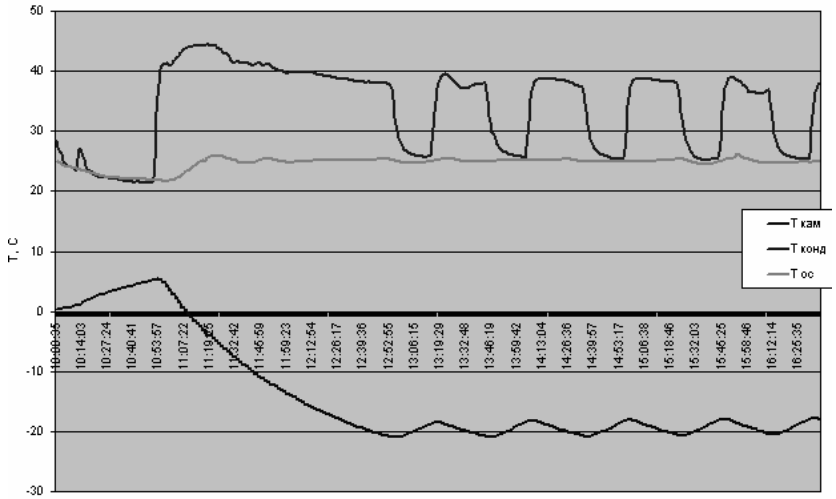


Рисунок 1. Экспериментальные временные зависимости температур в объеме охлаждающей установки, на конденсаторе и в окружающей среде

Математическое моделирование переходных процессов представляет собой серьезную научную задачу, которая в настоящее время в полной мере не решена. Такой процесс можно исследовать с помощью математической модели с применением аппарата переходных процессов в установке [3]. Автором ведется работа по созданию методики и алгоритма расчета, позволяющих решить данную задачу.

Дальнейшими направлениями исследований, которые могут быть реализованы с использованием экспериментальной установки, является определение временных характеристик циклов работы холодильной машины при регулировании пуском и остановкой компрессора, их оптимизация в зависимости от величины полного перепада температур на испарителе и конденсаторе.

Библиографический список

1. Калекин В.В. Холодильные машины в химической технологии: учебное пособие. М.: Спутник+, 2010. – 49 с.

2. Товажнянский Л.Л. и др. Процессы и аппараты химической технологии. Ч2. Харьков: НТУ «ХПИ», 2004. – 1176 с.

3. Оносовский В.В., Моделирование и оптимизация холодильных установок: Учеб. пособие. Л.: Издательство Ленинградского университета, 1990. – 237 с.

СОДЕРЖАНИЕ

ЛЕСНЫЕ СООБЩЕСТВА: ИЗУЧЕНИЕ, ОХРАНА И ВОСПРОИЗВОДСТВО

Романова Л. И. Влияние потепления климата на репродуктивные процессы у лиственницы сибирской 5
Вайс А. А., Воробьева И. А. Влияние таксационных показателей насаждений на степень закомелистости деревьев сосны в условиях юго-восточного макросклона восточного Саяна 6
Коновалов А. С., Коршун В. Н. Внутрикорневой полив деревьев 8
Ведров С. С., Шевелев С. Л. Динамика таксационных показателей древостоев пихты 10
Кулакова Н. Н., Шевелев С. Л. Динамика таксационных показателей лиственничников в Нижнеангарском таежном районе 13
Гордиенко А. А., Караськов И. С. Динамика формирования городской среды 16
Дубровская В. А., Буторова О. Ф. Изменчивость бересклета бородавчатого в ботаническом саду им. Вс. М. Крутовского 19
Щерба Ю. Е., Кичкильдеев А. Г., Комарницкий В. В. Изменчивость показателей 9-летних сеянцев сосны кедровой сибирской читнского происхождения в условиях учебно-опытного лесхоза СибГАУ 21
Щерба Ю. Е., Братилова Н. П., Гришлова М. В., Вологдина А. П., Белоусова И. С. Изменчивость семян сосны кедровой сибирской ярцевского происхождения на плантации «Метеостанция» урожая 2016 г. 23
Максименко В. Е., Сунцова Л. Н., Иншаков Е. М. Изучение биометрических показателей годичных побегов черемухи обыкновенной, произрастающей в различных районах города Красноярска 25
Грицких А. С., Сунцова Л. Н., Иншаков Е. М. Изучение запасов лекарственных растений в условиях Тюхтетского лесничества 27
Шестак К. В., Алехин И. А. Изучение особенностей адаптации интродуцентов рода *ACER* L. В ЦСБС СО РАН 30
Ерастов Р. А., Тагиров Р. Р. Исследование содержания фтора в хвое пихты сибирской водосбора р. Базаиха Красноярского промышленного региона 32
Жарникова А. С., Грицкевич Е. В. Ландшафтно-архитектурное проектирование парка «сады англии» города Красноярска 34
Шапченкова О. А., Шеллер М. А., Анискина А. А., Ведрова Э. Ф. Легколетучие органические соединения лесной подстилки хвойных и лиственных насаждений 37
Дашеева О. С. Лесовозобновление в рекреационных сосняках городского лесничества Республики Бурятия 41
Артемьев О. С. Определение диаметра на высоте груди по диаметру шейки корня у основных пород деревьев г. Красноярска 45
Токарева И. В., Прокушкин А. С. Особенности ионного стока в ручьи криолитозоны центральной Эвенкии при воздействии пожаров 46
Максименко В. Е., Сунцова Л. Н., Иншаков Е. М. Оценка экологического состояния среды по асимметрии листьев черемухи обыкновенной, произрастающей в различных районах города Красноярска 49

Беляева К. С., Соболева С. В., Почекутов И. С. Пихта сибирская как индикатор накопления тяжелых металов в экосистеме заповедника «Столбы» 52
Филиппенкова Е. П., Коршун В. Н. Повышения эффективности лесовыращивания 56
Матвеева Р. Н., Гришлов Д. А., Мартынов В. С., Дырдин С. Н. Показатели роста 53-летней сосны кедровой корейской (модель 7/47) после декапитации в 1996 г. 59
Аёшина Е. Н., Борисова Т. В., Ананко Н. С. Проект ландшафтного парка «Зеленый Колизей» 61
Шеходанова Ю. О., Грицкевич Е. В. Проектирование ситуационного плана парка территории коттеджа в скандинавском стиле 64
Батвенкина Т. В. Регрессионные модели основных таксационных показателей лиственных пород Мотыгинского лесничества 68
Шевелёв С. Л., Ефремова М. Н. Рост и формирование древостоев березы в лесостепной зоне средней Сибири 71
Сультсон С. М. Урожайность дикорастущих зарослей брусники в условиях Приангарского таежного лесного района 74
Репях М. В., Гурьева Н. А., Буторова О. Ф. Фенологические особенности яблони в ботаническом саду им. Вс. М. Крутовского 76
Аминев П. И., Иванов В. А. К оценке состояния зеленых насаждений г. Красноярска 78

ТЕХНОЛОГИИ, МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ЛЕСОЗАГОТОВКИ И ДЕРЕВООБРАБОТКИ

Гордеев М. П., Колесников П. Г. Анализ компоновочных схем рабочего оборудования фронтальных лесопогрузчиков 83
Скоробогатова Т. Е., Аешина Е. Н., Шумарина Н. Е. Анализ патентной информации о телескопических манипуляторных устройствах лесных машин 85
Страшко Н. А. Взгляд на современные мобильные канатные трелевочные установки 88
Ступников С. С., Никончук А. В. Влияние технологий лесозаготовок на качество заготавливаемых лесоматериалов 92
Лисняк А. А., Кухар И. В. К вопросу разработки специальных тракторов 94
Скоробогатова Т. Е., Аешина Е. Н., Черноголовин А. Д. Манипуляторы лесных машин 98
Моисеев Г. Д., Колесников П. Г. Минимизация массы элементов конструкции коробчатого сечения при косом изгибе 100
Марченко И. В., Коршун В. Н. Оптимизация координат точек подвеса гидроцилиндров стрелы и рукояти 103
Буц А. Г., Бас В. И. Проект обеспечения взрывобезопасности АО ‹‹СУЭК-Красноярск›› филиал разрез Бородинский 108
Баранов А. Н., Киселёв А. Е., Буршина М. П. Совершенствование конструкции технологической лесовозной дороги с использованием дренирующего материала и древесных элементов 111
Баранов А. Н., Буршина М. П., Киселёв А. Е. Совершенствование способа строительства технологической лесовозной дороги с дренирующим материалом 113

Самусев Р. В. Установка для измельчения плодов 115
Вайнбергер С. Д., Вайнбергер А. Д, Коршун В. Н.
Экспериментальные исследования импульсных рабочих процессов 118
Кравченко Д. А., Назарова Т. А., Корчук Ю. А., Орлов А. А.
Исследование изменения сорбционных свойств термомодифицированной
древесины 120
Баяндин М. А., Намятов А. А., Стрикун В. В. Определение
оптимальных режимов прессования древесных плит
при применение модифицированного связующего 125
Криворотова А. И., Усольцев О. А. Перспективы использования
гибкой фанеры 128
Усольцев О. А., Огурцов В. В., Каргина Е. В., Матвеева И. С.
Повышение объёмного выхода пиломатериалов
за счет сортировки брёвен по толщине 131
Усольцев О. А., Огурцов В. В., Каргина Е. В., Матвеева И. С.
Показатели эффективности лесопильного производства 135
Мелешко А. В., Романова С. С., Ченцова Т. С. Разработка
структурной схемы технологии изготовления фасадов мебели
сложной формы 138
Елисеев С. Г., Ермолин В. Н., Намятов А. В. Управляемое
изменение проницаемости древесины березы 140
Руденко Б. Д., Изотов В. Т. Формирование прочности композита
на основе золы сухого уноса 143
Ручкин Л. В., Ручкина Н. Л. Компенсация сил трения
в механизмах устройств имитации невесомости 146
Лозовой В. А., Пугач Ю. С. Влияние природно-производственных
факторов на процесс раскряжевки слешерными линиями 153
Михеев А. Е., Раводина Д. В., Ереско Т. Т., Левко В. А. Обработка
алюминиевого сплава 01570 микродуговым оксидированием 156

ПРОЦЕССЫ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ БИОМАССЫ ЛЕСА

Марченко Р. А., Шуркина В. И., Лиханов В. А. Анализ качественных
показателей различных волокнистых материалов при безножевом
способе обработки 159
Марченко Р. А., Лошкарева Т. А., Алашкевич Ю. Д. Анализ способа
обработки макулатурной массы на качественные показатели готовой продукции 162
Аёшина Е. Н., Цыренова В. Р. Влияние способа культивирования
на рост куллусной ткани *ROSA TEA* 165
Семенович А. В., Шапченкова О. А., Анискина А. А.,
Лоскутови С. Р. Влияние способа модифицирования коры
на сорбцию катионов Cr^{3+}, Cu^{2+}, Ni^{2+}, Pb^{2+}, Zn^{2+} 167
Карбышев М. А., Федорова О. Н., Алашкевич Ю. Д. Влияние
полости размола ножевой гарнитуры дисковой мельницы
на интенсивность обработки волокнистой суспензии 171
Матвеенко Е. В., Аёшина Е. Н., Величко Н. А. Воск древесной зелени
JUNIPERUS SIBIRICA BURGSD 174
Амбросович Ю. А. Вторичное использование отработанных вод
для окрашивания волокнистых полуфабрикатов 175

Войнов Н. А., Жукова О. П., Щербаков В. Н., Тихонов И. С.
Гидродинамика и массообмен в апарате с лопастной мешалкой 178
Литвинова Е. А., Тимофеев А. А., Дмитриенко Е. В., Литовка Ю. А. Динамические показатели роста и лигнолитическая активность дереворазрушающих грибов *heterobasidion* и *porodaedalea* на растительных субстратах 181
Шарыпов В. И., Береговцова Н. Г., Барышников С. В., Пестунов А. В., Кузнецов Б. Н. Изучение состава жидких продуктов конверсии древесины осины в сверхкритическом этаноле в присутствии цеолитного катализатора 184
Войнов Н. А., Гомануха В. В., Боготко Н. Н., Хрущев Н. Н.
Интенсификация теплообмена при кипении 188
Земцов Д. А., Войнов Н. А., Полоник А. С. Исследование массообмена в жидкости на вращающейся пластине 191
Мирошникова А. В., Шарыпов В. И., Барышников С. В., Кузнецов Б. Н. Исследование термического растворения ацетонлигнина в сверхкритическом бутаноле в присутствии твердых полиметаллических катализаторов 195
Войнов Н. А., Жукова О. П., Земцов Д. А., Земцова И. В. Колонны термическеой ректификации 199
Исаева Е. В., Рязанова Т. В. Компонентный состав воскообразных веществ почек тополя 201
Пен В. Р., Левченко С. И. Математическое моделирование процесса размола 205
Баранов А. Н., Халматов И., Медведев С. О. Моделирование процесса размола древесной волокнистой массы 208
Атаманов А. А. Определение оптимального режима выпаривания водноэтанольного экстракта рябины обыкновенной 210
Марченко Р. А., Шуркина В. И., Садыков Р. А. Особенности безножевой обработки волокнистых материалов 212
Ковалев В. И., Алашкевич Ю. Д. Особенности воздействия на волокнистый материал в различные периоды временного цикла 216
Игнатова Е. В., Алмазова М. С. Оценка экологической чистоты сырья каштана посевного 220
Гришечко Л. И., Микова Н. М., Г. П. Скворцова, Иванов И. П., Кузнецов Б. Н. Полимерные аэрогели на основе полифенолов древесной коры 222
Полежаева Н. И., Пашенных М. Н., Вдовин Д. Е. Полиэфирная смола, модифицированная канифолью 226
Левданский В. А., Левданский А. В., Кузнецов Б. Н. Получение дигидрокверцетина и арабиногалактана из древесины лиственницы сибирской 230
Аёшина Е. Н., Зверова Е. А. Получение устойчивых каллусных линий *ROSA TEA* в условиях *IN VITRO* 234
Тарабанько В. Е., Кайгородов К. Л., Скиба Е. А., Черняк М. Ю., Ю. В. Челбина, Байбакова О. В., Тарабанько Н. В., Дубынин Е. В. Последовательный процесс каталитического окисления и ферментативного гидролиза древесины сосны в ванилин и глюкозу 235
Чендылова Л. В., Каретникова Н. В., Марченко Р. А., Алашкевич Ю. Д. Применение льняной костры в целлюлозно-бумажной промышленности 238

Иванов Д. В. Размалывающая гарнитура для производства древесноволокнистых плит 243
Шуркина В. И., Марченко Р. А., Федорова О. Н. Размол волокнистой массы в ножевых размалывающих машинах с использованием гарнитуры с криволинейными ножами 247
Федорова О. Н., Карбышев М. А., Разомасов С. П., Алашкевич Ю. Д. Размол волокнистых полуфабрикатов в ножевых машинах с использованием отдельных видов гарнитур 251
Вититнев А. Ю., Алашкевич Ю. Д., Чистова Н. Г. Расчет циклической элементарной длины ножевой гарнитуры в производстве ДВП 253
Комов Р. А., Кожухова Н. Ю. Сравнительный анализ распределительных устройств реакторов аксиального типа 257
Петрунина Е. А., Лоскутов С. Р. Термический анализ модифицированной коры лиственницы 260
Васюк А. Е., Тарнопольская В. В., Тихонова Н. Д., Солодкова М. В., Алаудинова Е. В., Миронов П. В. Экстракты из биомассы глубинного мицелия базидиомицетов *PLEUROTUS* и *LENTINULA* 265
Пермякова Г. В., Петрунина Е. А. Экстракция коры хвойных водой с добавлением моно- и триэтаноламина 267
Тарнопольская В. В., Алаудинова Е. В., Эназаров Р. Х., Васюк А. Е. Элементный состав золы глубинного мицелия *pleurotus OSTREATUS* 271
Гаврилова Л. В., Грак О. А., Исаева Е. В. Эфирорастворимые вещества вегетативной части тополя 273
Шестаков И. Я., Раева О. В. Возможности электрохимического способа деионизации воды для очистки стоков целлюлозно-бумажных производств 276
Филиппов Ю. А., Янковская Н. Ф., Филиппов К. Ю., Амельченко Н. А. Увеличение стойкости биметаллических ленточных пил 279
Кишкин А. А. Моделирование циклического режима работы охлаждающей установки 281