

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ С.М. КИРОВА»

ИЗВЕСТИЯ
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОЙ
ЛЕСОТЕХНИЧЕСКОЙ
АКАДЕМИИ

Выпуск 212

Издаются с 1886 года

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2015

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор

А.В. Селиховкин, д-р биол. наук, проф., СПбГЛТУ

Отв. редактор

Л.В. Уткин, д-р техн. наук, проф., СПбГЛТУ

В.А. Александров, д-р техн. наук, проф., СПбГЛТУ,

А.С. Алексеев, д-р геогр. наук, проф., СПбГЛТУ,

Н. Белгасем, проф., Высшая школа бумажной и полиграфической промышленности (Франция),

А.В. Васильев, д-р хим. наук, проф., СПбГЛТУ,

Н. Вебер, проф., Дрезденский технический университет (Германия),

И.В. Григорьев, д-р техн. наук, проф., СПбГЛТУ,

Х. Деглиз, проф., Международная академия наук о древесине (Франция),

И.П. Дейнеко, д-р хим. наук, проф., СПбГТУРП,

А.В. Жигунов, д-р с.-х. наук, проф., СПбГЛТУ,

М. Е. Игнатьева, проф., Шведский университет сельскохозяйственных наук (Швеция),

Т. Карьялайнен, проф., Финский исследовательский институт лесного хозяйства (Финляндия),

Д.Л. Мусолин, канд. биол. наук, доц., СПбГЛТУ,

В.И. Онегин, д-р техн. наук, проф., СПбГЛТУ,

В.А. Петрицкий, д-р филос. наук, проф., СПбГЛТУ,

В.Н. Петров, д-р экон. наук, проф., СПбГЛТУ,

О. Саллинас, проф., Шведский университет сельскохозяйственных наук (Швеция),

В.Г. Санаев, д-р техн. наук, проф., МГУЛ,

А.Н. Чубинский, д-р техн. наук, проф., СПбГЛТУ,

И.В. Смирнова, технический секретарь, СПбГЛТУ.

Адрес редакции: 194021, г. Санкт-Петербург, Институтский пер., д. 5.

Тел.: (812)670-92-69, *факс:* (812)670-93-90. *E-mail:* izvestiya.spblta@mail.ru. *Сайт организации:* www.ftacademy.ru. *Сайт издания:* izvestia.ftacademy.ru

Издание зарегистрировано Федеральной службой по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия Российской Федерации. Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № ФС77-23613 от 10.03.2006 г.

УДК 630

Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии: Вып. 212.
СПб.: СПб ГЛТУ, 2015. – 280 с. – ISBN 978-5-9239-0781-0, ISSN 2079-4304.

В очередном выпуске сборника научных трудов «Известия СПбЛТА» представлены результаты текущих исследований по лесному хозяйству, лесозаготовкам и механизации лесосечных работ, механической и химической переработке древесины. Сборник предназначен для работников лесного комплекса, преподавателей, аспирантов, студентов и выпускников лесотехнических вузов, сотрудников НИИ лесного профиля.

Ministry of Education and Science of the Russian Federation

State Budget Institution of Higher Professional Education
«SAINT PETERSBURG STATE FOREST TECHNICAL UNIVERSITY
NAMED AFTER S.M. KIROV»

IZVESTIA
SANKT-PETERBURGSKOJ
LESOTEHNICESKOJ
AKADEMII

Issue 212

Published since 1886

SAINT PETERSBURG
2015

EDITORIAL BOARD

Editor-in-Chief

A.V. Selikhovkin, DSc, Professor, Saint Petersburg State Forest Technical University

Deputy Editor-in-Chief

L.V. Utkin, DSc, Professor, Saint Petersburg State Forest Technical University

V.A. Aleksandrov, DSc, Professor, Saint Petersburg State Forest Technical University,

A.S. Alekseev, DSc, Professor, Saint Petersburg State Forest Technical University,

N. Belgasem, PhD, Professor, Higher School of the Paper and Printing Industry (France),

A.V. Vasilyev, DSc, Professor, Saint Petersburg State Forest Technical University,

N. Weber, PhD, Professor, Dresden Technical University (Germany),

I.V. Grigorev, DSc, Professor, Saint Petersburg State Forest Technical University,

H. Deglíz, PhD, Professor, International Academy of Sciences about Wood (France),

I.P. Deyneko, DSc, Professor, Saint Petersburg State Technological University of Plant Polymers,

A.V. Zhigunov, DSc, Professor, Saint Petersburg State Forest Technical University,

M. Ignatieva, PhD, Professor, Swedish University of Agricultural Sciences (Sweden),

T. Karjalainen, PhD, Professor, Finnish Forest Research Institute (Finland),

D.L. Musolin, PhD, Assoc. Professor, Saint Petersburg State Forest Technical University,

V.I. Oegin, DSc, Professor, Saint Petersburg State Forest Technical University,

V.A. Petritsky, DSc, Professor, Saint Petersburg State Forest Technical University,

V.N. Petrov, DSc, Professor, Saint Petersburg State Forest Technical University,

O. Sallnas, PhD, Professor, Swedish University of Agricultural Sciences (Sweden),

V.G. Sanayev, DSc, Professor, Moscow State Forest University,

A.N. Chubinsky, DSc, Professor, Saint Petersburg State Forest Technical University.

I.V. Smirnova, Saint Petersburg State Forest Technical University, technical secretary.

Editor's Office Address: 194021, St. Petersburg, Institutskiy per., 5. Tel.: +7(812)670-92-69.

Fax: +7(812)670-93-90. *E-mail:* izvestiya.spblta@mail.ru. *Organization's website:* www.ftacademy.ru.

Serial's website: izvestia.ftacademy.ru

The serial is registered by the Federal service on supervision of legislation observance in the sphere of mass communications and protection of cultural heritage of the Russian Federation.

The certificate on registration of mass media of PI No. FS77-23613 of 10.03.2006.

UDC 630

Izvestia Sankt-Peterburgskoj Lesotehničeskoj Akademii: Is. 212. SPb.: SPbGLTU, 2015. – 280 p. – ISBN 978-5-9239-0781-0, ISSN 2079-4304.

The next release of «Izvestia SPbLTA» is dedicated to the anniversary of St. Petersburg State Forest Technical University and represents results of the current researches on forestry, logging and mechanization of logging, mechanical and chemical processing of wood. The collection is intended for workers of a forest complex, teachers, graduate students, students and graduates of timber higher education institutions, the staff of scientific research institute of a forest profile.

3. ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ. МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

УДК 539.12.08+699.887.5(022)

А.Р. Бирман, Н.А. Белоногова, В.А. Соколова

НЕЙТРОНОЗАЩИТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ИЗ ДРЕВЕСИНЫ

Введение. Аварии на Чернобыльской АЭС и АЭС Фукусима-1 еще раз показали значение радиационной безопасности и необходимость расширения спектра научных исследований, направленных на создание защиты от ионизирующих излучений. Современные представления о создании новых защит обуславливают постановку вопроса о поиске новых нейтронозащитных материалов, их сочетаний с уже известными защитами, о повышении эффективности такого поиска с использованием научных знаний во всех отраслях человеческой деятельности.

Практическая значимость создания защит с использованием новых и, по возможности, более дешевых материалов объясняется и высокой стоимостью защиты. Например, доля затрат на обеспечение безопасности современных АЭС составляет почти 50 % от общих капитальных вложений. Стоимость защиты современных ядерно-технических установок может достигать 20–30 % стоимости всего сооружения [Голубев, 1976].

Известно, что нейтроны не имеют электрического заряда. Поэтому они не взаимодействуют с электрическим полем и проходят сквозь вещество («проникающее излучение»), не испытывая столкновения с ядрами атомов, на сравнительно большое для элементарных частиц расстояние, измеряемое сантиметрами, что является наиболее опасным с точки зрения биологического воздействия на живую ткань.

Наиболее эффективной защитой от нейтронов служат водородосодержащие материалы. Именно атомы водорода являются лучшим препятствием глубокого проникновения нейтронов в вещество. Именно на атомах водорода происходит максимальная потеря энергии нейтронов.

Примером, подтверждающим утверждение о максимальной потере энергии нейтронов при столкновении с ядрами минимальной массы, явля-

ются данные о числе столкновений нейтронов с ядрами атомов веществ разной плотности, необходимых для снижения энергии нейтронов от величины, например 1 МэВ до 0,025 эВ (то есть при переходе нейтронов из разряда быстрых в разряд тепловых). Исследования показали, что при движении в уране для достижения такого результата требуется 2100, в углероде – 100, а в водороде – 25 столкновений.

В атомной технике в качестве нейтронной защиты используются вещества с большим содержанием водорода (парафин, полиэтилен, гидриды металлов, вода) и, как правило, примесью бора или боросодержащих материалов [Белоногова, 1999].

Древесина также является водородосодержащим материалом. Причем, содержание водорода в единице ее объема не меньше, а часто и больше, чем в традиционно используемых защитных материалах. Однако анализируя литературные источники, можно сделать вывод о том, что древесина и древесные материалы не только не используются, но и не рассматриваются и не исследуются как нейтронозащитные.

До настоящего времени большинство исследований, направленных на получение результатов взаимодействия древесины с ионизирующими излучениями, имели задачу оценки изменения свойства древесины под воздействием радиации.

Исследовались пределы радиационной устойчивости древесины в связи с применением в деревообрабатывающей промышленности радиоактивных изотопов для гаммаскопии. Изучалось действие радиации на связи компонентов лигноуглеводного комплекса. Рассматривалась возможность получения продуктов радиоллиза древесины как сырья для переработки химической промышленностью. Проводились исследования в области модификации древесины и изменения ее свойств в нужном направлении за счет действий ионизирующих излучений. Другими словами, речь шла об определении влияния излучений (в основном, гамма-излучений) на свойство древесины, выяснении радиационно-химических превращений древесины и ее компонентов.

Целью данного исследования является рассмотрение обратной задачи: не оценки изменений в древесине за счет ионизирующих излучений, а исследования изменений ионизирующих излучений, в частности, нейтронных потоков при встрече с защитой из древесины, как натуральной (цельной или измельченной), так и модифицированной уплотнением и (или) пропиткой.

Методика исследования. Анализ исследований, проведенных в СПбГЛТУ имени С.М. Кирова, показывает, что борированная древесина как защитный материал обеспечивает основную функцию защиты, а имен-

но – эффективное замедление потоков низкоэнергетических, промежуточных и быстрых нейтронов с энергией $E < 5$ МэВ.

При этом физико-механические свойства древесины, высокая технологичность производства из древесных материалов защитных блоков практически любых форм и размеров, дешевизна по отношению к иным защитным материалам (за исключением борированной воды) ставят ее в привилегированный ряд защит.

При определении энергии, которую нейтрон теряет в результате упругого рассеяния в древесине, применимы классические законы сохранения энергии и импульса [Исаев, Брегадзе, 1967]. Приведем схематически упругое взаимодействие нейтрона с атомом среды. Энергию $E_{я}$, получаемую ядром атома-мишени в результате столкновения с нейтроном n , можно выразить формулой

$$E_{я} = \frac{4M}{(M+1)^2} E_n \cdot \cos^2 \alpha, \quad (1)$$

где E_n – энергия нейтрона; M – отношение массы ядра к массе нейтрона (равно массовому числу элемента A); α – угол между направлением первоначального движения нейтрона и направлением вылета ядра отдачи.

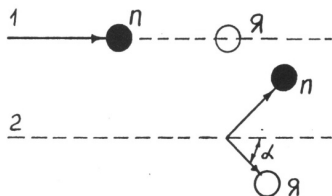


Схема упругого рассеяния нейтрона на ядре атома **я**:

1 – положение n и $я$ до столкновения; 2 – после столкновения

Из соотношения (1) видно, что если произошло лобовое столкновение, т. е. $\alpha = 0$, передаваемая энергия максимальна. При этом максимальная энергия передается ядру с минимальным значением $A = 1$, т. е. ядру атома водорода:

$$E_{я}^{\text{макс}} = \frac{4 \cdot 1}{(1+1)^2} E_n = E_n.$$

При $\alpha > 0$ дальнейшее замедление и поглощение тепловых нейтронов происходит во внутренних слоях борированной водородосодержащей среды.

Для подтверждения возможности использования древесины в качестве защиты от нейтронных потоков в СПбГЛТУ проведены эксперименталь-

ные исследования, методика которых построена на сравнительном анализе защищающей способности деревянных образцов и образцов защитных материалов, апробированных в атомной промышленности.

Определяющим этапом экспериментальных исследований стали эксперименты по опытной проверке защищающей способности уплотненной (с целью повышения концентрации атомов водорода в единице объема) и пропитанной раствором борной кислоты древесины при воздействии нейтронных потоков различной плотности.

Для проведения экспериментов использовано оборудование циклотронной лаборатории Физико-технического института (ФТИ) им. А.И. Иоффе РАН и оборудование лаборатории № 031 Военной инженерно-космической академии (ВИКА) им. А.Ф. Можайского.

При испытаниях использовался $P_U(B_e)$ источник нейтронов со средней энергией нейтронов 5,15 МэВ и выходом нейтронов $1,04 \cdot 10^6$ нейтр/с. Для получения потока тепловых нейтронов использовался этот же источник с шаровым замедлителем. Измерения проводились приборами ВРНГ и МКС-01Р с блоками детектирования БДКН-01Р и БДКН-03Р-01. Относительная погрешность измерения не превышала 25 %.

Образцы толщиной 100 мм были изготовлены из следующих материалов:

- древесина березы со степенью уплотнения $\epsilon = 0,5$ (в два раза) и влажностью $w = 10...12$ %, пропитанная насыщенным раствором борной кислоты (при температуре 18...20 °С) – образец № 1;
- полиэтилен низкого давления марки ПС-20-5Б;
- материал с коммерческим названием «Neutrostop» на основе борированного полиэтилена, разработанный в Институте ядерных исследований в г. Ржежи, представленный ФТИ им. А.Ф. Иоффе РАН, где используется в качестве биологической защиты в циклотронной лаборатории.

Критерием оценки результатов экспериментов являлись относительные показатели в виде коэффициентов поглощения быстрых и тепловых нейтронов веществом защитных сред, соответственно $K_n^{\text{бн}}$ и $K_n^{\text{тн}}$.

$$K_n^{\text{бн}} = \frac{P_{\text{ист}}^{\text{бн}}}{P_{\text{ост}}^{\text{бн}}}, \quad K_n^{\text{тн}} = \frac{P_{\text{ист}}^{\text{тн}}}{P_{\text{ост}}^{\text{тн}}}, \quad (2)$$

где $P_{\text{ист}}^{\text{бн}}, P_{\text{ист}}^{\text{тн}}$ – соответственно, исходные плотности потока быстрых и тепловых нейтронов источника; $P_{\text{ост}}^{\text{бн}}, P_{\text{ост}}^{\text{тн}}$ – остаточные плотности потока быстрых и тепловых нейтронов, зарегистрированные детектором за экраном из защитных сред соответственно.

Усредненные результаты экспериментов сведены в табл. 1 и 2.

Таблица 1

Значения коэффициентов поглощения K_n^{6H}

| Вид образца | Исходная плотность потока нейтронов, нейтр/с ² ·с | | | | |
|-------------|--|-----|-----|-----|-----|
| | 380 | 135 | 71 | 32 | 22 |
| Образец № 1 | 3,4 | 3,4 | 3,5 | 3,3 | 2,0 |
| Полиэтилен | 3,5 | 3,4 | 3,5 | 3,4 | – |
| Neutrostop | – | – | – | – | 2,0 |

Таблица 2

Значения коэффициентов поглощения K_n^{7H}

| Вид образца | Исходная плотность потока нейтронов, нейтр/с ² ·с | | | |
|-------------|--|-----|-----|-----|
| | 380 | 135 | 71 | 32 |
| Образец № 1 | 10,4 | 9,3 | 9,9 | 9,6 |
| Полиэтилен | 3,7 | 3,8 | 3,8 | 3,6 |

Результаты исследования. Анализ результатов проведенных исследований позволяет сделать следующие выводы:

- величина коэффициента K_n^{6H} для полиэтилена, материала «Neutrostop» и модифицированной древесины практически одинакова;
- величина коэффициента K_n^{7H} для модифицированной древесины в среднем в 2,63 раза больше величины K_n^{6H} для полиэтилена.

Следует отметить, что полиэтилен и «Neutrostop» являются известными, апробированными на объектах ядерной энергетики нейтронозащитными материалами. Однако при проведении экспериментов в ФТИ им. А.Ф. Иоффе РАН выявлено, что защита из модифицированной древесины, по сравнению с защитой из полиэтилена, не только обладает лучшими защитными характеристиками (в наибольшей степени – при защите от тепловых нейтронов), но и лучшими конструктивными показателями. По данным Института ядерных исследований в г. Ржежи [Neutrostop, 1985], предлагаемый для использования «Neutrostop» (материал на основе борированного полиэтилена) резко снижает прочность при температуре 70...80 °С и течет при температуре 115 °С, выделяя токсичные газы.

Иные виды известных водородосодержащих защит также имеют ряд существенных недостатков. Так, к неудовлетворительным свойствам воды

как защиты следует отнести необходимость ее размещения в баках из нержавеющей стали или алюминия, что усложняет и удорожает ее применение. Гидриды металлов с повышением температуры до 80 °С разлагаются с выделением водорода; такую защиту заключают в емкости, способные выдержать высокое давление, что также удорожает стоимость защиты. Парафин не имеет несущей способности и не может, в отличие от древесины, быть использован в качестве конструкционного материала.

Очевидно, что изготовление нейтронозащитных блоков сложного профиля из цельной древесины технологически (а также в стоимостном отношении) значительно более сложная задача, чем формирование таких блоков из измельченной древесины. С учетом этого положения на базе лаборатории № 031 ВИКА им. А.Ф. Можайского организованы эксперименты по исследованию нейтронозащитных свойств измельченной древесины.

Соединение древесных частиц в блоки осуществлялось при термопьеозообработке за счет реакционноспособных компонентов, содержащихся в древесном веществе (т. е. без внесения в древесную массу искусственных клеящих веществ). Объектом обработки являлись опилки древесины осины, полученные при продольном пилении круглыми пилами. Плотность материала составляла: начальная 0,52, конечная 1,2 г/см³. В качестве боросодержащих соединений использовались борная кислота H₃BO₃ и тетраборат натрия Na₂B₄O₇·10H₂O (бура), вносимые форсунками в смеситель барабанного типа.

Для создания нейтронного потока использовался Ra(Be) источник с энергией 4,5 МэВ и выходом 3,1 · 10⁴ нейтр/с. Регистрирующая аппаратура – счетчик СМ-10, окруженный замедлителем нейтронов из оргстекла.

Анализ экспериментальных данных показал, что защищающая способность древесных блоков при воздействии потоков быстрых нейтронов лишь на 6 и 12 % ниже защищающей способности защиты из полиэтилена и парафина соответственно. При этом имеются способы более глубокого уплотнения древесной массы и дополнительного повышения ее нейтронозащитных свойств.

Применение блоков из уплотненных древесных частиц (а также уплотненной цельной древесины) рационально в тех случаях, когда предъявляются требования к уменьшению габаритов защиты. Если же пространство для размещения защиты не ограничено, то можно использовать древесные частицы (опилки, щепу и т. д.) в качестве насыпной наружной защиты или засыпного материала в межстенных ограждениях.

Возможными примерами использования защиты на основе натуральной и измельченной древесины с включением боросодержащих веществ являются: местные защиты, обеспечивающие доступ в облучаемые помещения (ремонт, периодический контроль оборудования); элементы вторичной защиты для предотвращения прострела излучения через ослабленные места первичной защиты (например, выход трубопроводов); коллиматоры излучения; поглотители; устройства экранирования фона излучения; транспортировочные контейнеры; биологическая защита при работе с изотопами; защита при проведении научных экспериментов; применение в ядерной спектроскопии; защита счетчиков низкой активности.

Способы обработки древесины и древесных материалов, с целью изготовления нейтронозащитных материалов, защищены авторским свидетельством на изобретение и патентом.

Выводы.

1. Цельная и измельченная борированная древесина может использоваться для защиты от нейтронных потоков малых и средних энергий; при воздействии быстрых нейтронов обладает аналогичной защищающей способностью, по сравнению с апробированными водородосодержащими защитами (борированная вода, парафин, полиэтилен, «Neutrostop»); при воздействии тепловых нейтронов, в наибольшей степени ответственных за поражение живых тканей, превышает защитные показатели апробированных защит в 2,5–3 раза.

2. Древесная защита может служить конструкционным, тепло- и звукоизоляционным, декоративно-облицовочным материалом, который при обработке антисептиками и антипиренами долговечен и малогорюч.

3. При отсутствии требований к уменьшению габаритов защиты целесообразно применение цельной или измельченной борированной древесины без ее модификации уплотнением.

4. Нейтронозащитные древесные материалы в 20–30 раз дешевле применяемых в настоящее время водородосодержащих защитных материалов.

Библиографический список

Белоногова Н.А. Повышение защитных свойств низкосортной древесины путем пропитки и уплотнения: автореф. дис. ... канд. техн. наук. СПб.: ЛТА, 1999. 20 с.

Голубев Б.П. Дозиметрия и защита от ионизирующих излучений. М.: Атомиздат, 1976. 504 с.

Исаев Б.М., Брегадзе Ю.И. Нейтроны в радиобиологическом эксперименте. М.: Наука, 1967. 292 с.

Neutrostop. Export – Import KOVO. Praha, 1985. 5 p.

Bibliography

Belonogova N.A. Povishenie zashitnih svoystv nizkosortnoy drevesini pytem propitki i uplotneniy: avtoref. dis. ... kand. tehn. nayk. SPb.: LTA, 1999. 20 s. (Rus)

Golybev B.P. Dozimetriy i zashita ot ioniziruyushix izlychenii. M.: Atomizdat, 1976. 504 s. (Rus)

Isaev B.M., Bregadze U.I. Neytroni v radiobiologicheskom experimente. M.: Nayka, 1967. 292 s. (Rus)

Neutrostop. Export – Import KOVO. Praha, 1985. 5 p.

Бирман А.Р., Белоногова Н.А., Соколова В.А. Нейтронозащитные материалы из древесины // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2015. Вып. 212. С. 176–184.

Рассмотрены вопросы по созданию новых нейтронозащитных материалов от ионизирующих излучений. Проведено исследование изменений ионизирующих излучений нейтронных потоков при встрече с защитой из древесины, как натуральной (цельной или измельченной), так и модифицированной уплотнением и (или) пропиткой.

Установлено, что защищающая способность древесных блоков при воздействии потоков быстрых нейтронов лишь на 6 и 12 % ниже защищающей способности защиты из полиэтилена и парафина соответственно. Борированная древесина как защитный материал обеспечивает основную функцию защиты – эффективное замедление потоков низкоэнергетических, промежуточных и быстрых нейтронов.

Изучены способы более глубокого уплотнения древесной массы и дополнительного повышения ее нейтронозащитных свойств.

Предложено техническое решение применения цельной и измельченной борированной древесины для защиты от нейтронных потоков малых и средних энергий.

Ключевые слова: уплотненная древесина, ионизирующие излучения, нейтронозащитный материал.

Birman A.R., Belonogova N.A., Sokolova V.A. Neutron protective wood materials. *Izvestia Sankt-Petersburgskoi Lesotekhnicheskoi Akademii*, 2015, is. 212. pp. 176–184 (in Russian with English summary).

The article considers the issues of creation of new neutron protective materials from ionizing radiation. Researches of the changes of ionizing radiation neutron

fluxes, when meeting with the protection of wood, as a natural (whole or chopped) and a modified seal and (or) impregnation are given.

It is established that protects the ability of wood blocks under the influence of the fast neutron flux by only 6 and 12 % below the protecting ability of protection from polyethylene and paraffin, respectively. Borated wood, as a protective material, provides the basic function of protection – the effective slow flow low, intermediate and fast neutrons.

The ways of deeper compression of wood pulp and improving it neutron protective properties are investigated.

The technical solution of use of whole and crushed borated wood for protection against neutron fluxes of small and medium energies is given.

Key words: compression wood, ionizing radiation, neutron protective material.

БИРМАН Алексей Романович – профессор Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета, доктор технических наук, профессор.

194021, Институтский пер., д. 5, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: birman1947@mail.ru

BIRMAN Alexey R. – DCs (Engineering), Professor, St. Petersburg State Forest University

194021. Institute per. 5. St. Petersburg. Russia. E-mail: birman1947@mail.ru

БЕЛОНОГОВА Наталья Александровна – доцент Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета, кандидат технических наук.

194021, Институтский пер., д. 5, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: graph@spbftu.ru

BELONOGOVA Nataliy A. – PhD (Engineering), associate Professor, St. Petersburg State Forest University.

194021. Institute per. 5. St. Petersburg. Russia. E-mail: graph@spbftu.ru

СОКОЛОВА Виктория Александровна – доцент Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета, кандидат технических наук.

194021, Институтский пер., д. 5, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: sokolova_vika@inbox.ru

SOKOLOVA Victoria A. – PhD (Engineering), associate Professor, St. Petersburg State Forest University

194021. Institute per. 5. St. Petersburg. Russia. E-mail: sokolova_vika@inbox.ru

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|-----|
| Предисловие | 5 |
| Лесомеханическому факультету – 60 лет | 6 |
| 1. ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО | |
| <i>Ветров Л.С.</i> Структура пригородных ельников Санкт-Петербурга | 9 |
| <i>Данилов Д.А., Смирнов А.П., Смирнов А.А.</i> Влияние интенсивности разреживания на плотность древесины спелых ельников кисличного типа леса | 18 |
| <i>Лаврентьев Н.В., Фирсов Г.А.</i> Дуб белый (<i>Quercus alba</i> L., <i>Fagaceae</i>) в Санкт-Петербурге | 29 |
| <i>Мурзакулов С.С.</i> Эколого-лесоводственные основы сохранения и устойчивого развития арчовых лесов юга Кыргызстана | 42 |
| <i>Федотов И.В., Третьяков С.В., Ильинцев А.С.</i> Исследование радиального прироста в осушаемых лесах | 55 |
| <i>Хабарова Е.П., Пастухова Н.О., Феклистов П.А., Петрик В.В.</i> Влияние ассимиляционного аппарата на смолопродуктивность сосны обыкновенной | 66 |
| 2. ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ ЛЕСОЗАГОТОВОК | |
| <i>Александров В.А., Лузанова Л.Н., Александров А.В.</i> Вибронагруженность оператора валочно-пакетирующей машины в режиме подъема дерева стрелой | 78 |
| <i>Александров В.А., Ву Хоа Ки.</i> К вопросу нагруженности гусеничного трелевочного трактора в режиме разгона | 85 |
| <i>Багаутдинов И.Н., Богданов Е.Н., Желонкин А.А., Жилин С.С.</i> Снижение нагруженности опорно-поворотного устройства валочно-пакетирующей машины типа ЛП-19В использованием активного противовеса | 94 |
| <i>Власов Е.Н., Михайлов О.А., Дурманов М.Я., Епифанова А.Ю.</i> Определение количества энергии, затрачиваемой на реализацию касательной силы трактора ЛХТ-100 в пахотном режиме | 104 |
| <i>Горбачева Т.И., Епифанова А.Ю., Кислицин А.Д.</i> Исследование процесса разрушения при неподвижном сочленении деталей в узле машин лесного комплекса | 113 |
| <i>Грязин В.А.</i> Методика расчета энергозатрат валочных машин манипуляторного типа при моделировании лесозаготовок | 123 |
| <i>Куликов А.А., Дюкова И.Н., Иванова И.В.</i> Особенности прямых круговых процессов в идеальном газе | 130 |

| | |
|---|-----|
| <i>Локистанов Б.М., Орлов В.В., Бачеригов И.В., Паиков А.В.</i> Технология производства щепы из лесосечных отходов и способы повышения ее энергетических показателей | 140 |
| <i>Миляев А.С.</i> Жесткость слоистых грунтовых оснований лесовозных дорог | 154 |
| <i>Трофимов А.В., Горбачева Т.И.</i> О месте термической и химико-термической обработки в технологическом процессе изготовления деталей лесных машин | 167 |
| 3. ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ. МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ | |
| <i>Бирман А.Р., Белоногова Н.А., Соколова В.А.</i> Нейтронозащитные материалы из древесины | 176 |
| <i>Гусев В.Г.</i> О методах оценки влажности лесных горючих материалов в зависимости от метеорологических условий | 185 |
| <i>Федяев А.А., Чубинский А.Н., Федяев А.А., Федяева Н.Ю.</i> Анализ энергоэффективности элементов светопрозрачных ограждающих конструкций | 198 |
| 4. ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ. БИОТЕХНОЛОГИЯ | |
| <i>Байдаков Д.Л.</i> Электрические свойства и локальное окружение атомов в медьсодержащих халькогенидных пленках, полученных методом химического нанесения | 211 |
| <i>Киселев И.Я.</i> Электронная электропроводность метилового спирта | 224 |
| <i>Кислицына О.В., Веснин Р.Л., Синцов К.Н., Алалыкин А.А.</i> Оценка биоцидной активности нового средства «NORWOOD ECO» для защитной обработки древесины | 229 |
| 5. ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ | |
| <i>Затенко С.И., Тарабан М.В.</i> Сравнительный анализ интервальных байесовских моделей надежности программного обеспечения с известными вероятностными моделями надежности | 238 |
| 6. ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ЛЕСНОГО СЕКТОРА | |
| <i>Третьяков А.Г.</i> Практика реализации лесного плана на примере Архангельской области | 247 |
| <i>Смирнова А.И., Ле Чунг Хиеу, Левченко И.А.</i> Влияние транспортной инфраструктуры на себестоимость заготовки древесины | 265 |

CONTENTS

| | |
|--|-----|
| Preface | 5 |
| 60 Years of Forest-Mechanical Faculty | 6 |
| I. FORESTRY | |
| <i>Vetrov L.S.</i> Structure of suburban fir groves of St. Petersburg | 9 |
| <i>Danilov D.A., Smirnov A.P., Smirnov A.A.</i> Influence of intensity of felling for the density of the wood of mature spruce of forest oxalidosum type | 18 |
| <i>Lavrentyev N.V., Firsov G.A.</i> White oak (<i>Quercus alba</i> L., <i>Fagaceae</i>) in Saint-Petersburg | 29 |
| <i>Murzakulov S.S.</i> Ecological and silvicultural bases of conservation and sustainable development of juniper forests of southern Kyrgyzstan | 42 |
| <i>Fedotov I.V., Tretjakov S.V., Iltincev A.S.</i> Study of radial growth drained forests | 55 |
| <i>Khabarova E.P., Pastukhova N.O., Feklistov P.A., Petrik V.V.</i> Relation of the assimilatory device on the resin productivity of scotch pine | 66 |
| 2. TECHNOLOGY AND EQUIPMENT OF LOGGING INDUSTRIES | |
| <i>Aleksandrov V.A., Luzanova L.N., Aleksandrov A.V.</i> Vibroloading of the operator feller buncher mode lift the tree by an arrow | 78 |
| <i>Aleksandrov V.A., Vu Hoa Ky.</i> The problem of skidding tractor load in acceleration process | 85 |
| <i>Bagautdinov I.N., Bogdanov E.N., Zhelonkin A.A., Zhilin S.S.</i> Load reduction of the feller buncher lp-19v swing mechanism by means of dynamic counterweight | 94 |
| <i>Vlasov E.N., Mihyilov O.A., Durmanov M.Ya., Epifanova A.Yi.</i> Determination of a quantity of energy, spent on the realization of the tangential force of tractor LHT-100 in the arable mode | 104 |
| <i>Gorbacheva T.I., Epifanova A.U., Kislicin A.D.</i> Issledovanie processa razrusheniia pri nepodvighnom sochlinenii detalei v uzle mashin lesnogo kompleksa | 113 |
| <i>Gryazin V.A.</i> Method of calculating the energy costs forest harvesting machines manipulator type in modeling wood harvesting | 123 |

| | |
|---|-----|
| <i>Kulikov A.A., Dyukova I.N., Ivanova I.V.</i> Features direct range processes in an ideal gas | 130 |
| <i>Lokshantov B.M., Orlov V.V., Bacherikov I.V., Pashkov A.V.</i> Production technology from logging residues chips and ways of improving its energy indices .. | 140 |
| <i>Miljaev A.S.</i> Rigidity of layered earth bases timber-carrying roads | 154 |
| <i>Trofimov A.V., Gorbacheva T.I.</i> About plauce of thermal processing and chemical and thermal processing in the technological process of manufacturing forest machines components | 167 |

3. WOOD SCIENCE. MECHANICAL WOODWORKING INDUSTRY

| | |
|--|-----|
| <i>Birman A.R., Belonogova N.A., Sokolova V.A.</i> Neutron protective wood materials | 176 |
| <i>Gusev V.G.</i> About Methods of an estimation of humidity of wood combustible materials depending on weather conditions | 185 |
| <i>Fedyayev A.A., Chubinsky A.N., Fedyayev A.A., Fedyayeva N.Yu.</i> Analysis of energy efficiency elements of translucent walling | 198 |

4. CHEMICAL TECHNOLOGY OF WOOD. BIO TECHNOLOGY

| | |
|--|-----|
| <i>Baydakov D.L.</i> Electrical properties and the local atomic environment in the copper-containing halcogenide films obtained by chemical deposition | 211 |
| <i>Kiselev I.Ia.</i> Electron conductivity of methyl alcohol | 224 |
| <i>Kislitsyna O.V., Vesnin R.L., Sintsov K.N., Alalykin A.A.</i> Assessment of biocidal activity of new means of «NORWOOD» for protective processing of wood | 229 |

5. INFORMATION SYSTEMS, MATHEMATICAL MODELING AND AUTOMATION SYSTEMS

| | |
|---|-----|
| <i>Zatenko S.I., Taraban M.V.</i> Comparative analysis of interval Bayesian model of reliability software with known probabilistic model of reliability | 238 |
|---|-----|

6. ECONOMICS AND MANAGEMENT

| | |
|---|-----|
| <i>Tretyakov A.G.</i> The practical implementation of forest plan for example of the Arkhangelsk region | 247 |
| <i>Smirnova A.I., Le Chung Hieu, Levchenko I.A.</i> Impact of transport infrastructure to the cost price of timber harvesting | 265 |

Научное издание

ИЗВЕСТИЯ
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОЙ
ЛЕСОТЕХНИЧЕСКОЙ
АКАДЕМИИ

Выпуск 212

Издаются с 1886 года

Редактор Н.А. Теплякова

Компьютерная верстка Е.А. Корнуковой

Подписано в печать с оригинал-макета 01.09.2015. Формат 60×84 1/16. Печать цифровая.
Уч.-изд. л. 17,5. Печ. л. 17,5. Тираж 500 экз. Заказ № 132. С 183.

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет
имени С.М. Кирова
Издательско-полиграфический отдел СПбГЛТУ
194021, Санкт-Петербург, Институтский пер., 5