

**ВЕСТНИК МОСКОВСКОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО  
УНИВЕРСИТЕТА ЛЕСА**

**ЛЕСНОЙ ВЕСТНИК**

Научно-информационный журнал

2003 г. № 5(30)

Координационный совет журнала

Главный редактор  
Зам. главного редактора

А.Н. ОБЛИВИН  
В.Д. НИКИШОВ

Члены совета

Н.И. КОЖУХОВ  
О.Н. НОВОСЕЛОВ  
А.К. РЕДЬКИН  
Е.И. МАЙОРОВА  
О.А. ХАРИН  
В.С. ШАЛАЕВ  
А.С. ЩЕРБАКОВ  
С.Н. РЫКУНИН

Ответственный секретарь

Е.А. РАСЕВА



Номер подготовили:

Ответственный секретарь  
Редакторы

Е.А. РАСЕВА  
Е.Г. ПЕТРОВА  
Н.Д. БЛАГОДАТОВА  
А.П. ГОЛОВИНА  
Т.В. ГОРБУНЧИКОВА  
М.А. ЗВЕРЕВ

Корректор  
Набор и верстка

Оригинал-макет подготовлен в редакторе Microsoft Word 2000.

Журнал зарегистрирован Министерством РФ по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций.

Свидетельство о регистрации журнала «Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник» ПИ № 77-12923 от 17.06.2002.

Перепечатка и воспроизведение полностью или частично текстов и фотографий журнала «Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник» только с письменного разрешения издательства.

© Московский государственный университет леса, 2003

Лицензия ЛР № 020718 от 02.02.1998.

Лицензия ПД № 00326 от 14.02.2000.

---

Подписано к печати .12.2003.  
Объем 25,7 п. л.

Тираж 300 экз.  
Заказ №

---

Издательство Московского государственного университета леса.  
141005, Мытищи-5, Московская обл., 1-я Институтская, 1, МГУЛ.  
Телефоны: (095) 588-57-62, 588-53-48, 588-54-15, факс (095) 588-51-09

## СОДЕРЖАНИЕ

### Лесное хозяйство

Мерзленко М.Д., Котуранов Д.Л.	<i>Оценка климатотипов дуба черешчатого в географических посевах Подмосковья</i>	5
Степаненко И.И.	<i>Влияние однократного внесения удобрений на радиальный прирост сосняка брусничного</i>	8
Ключников Л.Ю., Ключников И.Л.	<i>Содействие промысловому воспроизводству черники и грибов в сложных Субо- рях</i>	12
Кулагин А.А.	<i>Экспериментальная оценка поврежденных ассимиляционных органов тополя бальзамического (<i>Populus Balsamifera</i> L.) ионами различных металлов</i>	15
Егоров М.Н.	<i>Фенотипическая структура естественного древостоя сосны обыкновенной Хреновского бора в центральном Черноземье</i>	21
Востокова Л.Б., Шишкина Н.Г., Балабко П.Н.	<i>Почвы пойменных лесов Нечерноземья</i>	25
Федотов Г.Н., Неклюдов А.Д., Пахомов Е.И.	<i>Способ определения скорости ферментативных реакций в почвах</i>	34
Федотов Г.Н., Пахомов Е.И., Поздняков А.И., Олиференко Г.Л., Прошина О.П.	<i>Коллоидно-гелевая структура как информационный показатель состояния почв</i>	39

### Экономика

Маренков В.О.	<i>Управление денежными средствами лесопромышленных предприятий</i>	45
Маренков В.О.	<i>Анализ главных причин, сдерживающих приток инвестиций в лесопромышленный сектор России</i>	50
Чернякевич Л.М.	<i>Методика организационного проектирования структур государственного и хо- зяйственного управления лесами</i>	54

### Охотоведение

Харченко Н.Н.	<i>Жизненные формы норных зверей Среднего Подонья</i>	59
	<i>Экоморфы норных зверей Среднего Подонья</i>	67
	<i>Структура, размеры поселений и индивидуальных участков норных зверей Среднего Подонья</i>	68
	<i>Трофические жизненные формы норных зверей Среднего Подонья</i>	71

### Химические технологии

Серков Б.Б., Сивенков А.Б., Буй Динь Тхань, Асеева Р.М.	<i>Тепловыделение при горении древесины</i>	74
Котов А.В., Лапшин Ю.Г., Родионов А.И.	<i>О контроле качества древесностружечных плит</i>	80
Гнатовская И.В.	<i>К вопросу производства пилопродукции и технологической щепы из низкокачественной древесины</i>	81
Гелес И.С., Коржова М.А.	<i>К вопросу разработки технологии получения катионитов из лигносульфонатов бисульфитной варки ели на натриевом основании с минимизацией ущерба поверхностным водам</i>	86

Тарасов С.М., Азаров В.И., Ковернинский И.Н.	<i>Современные тенденции в развитии технологии производства бумаги и картона</i>	89
Тарасов С.М.	<i>Исследование проклейки картона для плоских слоев жирными кислотами таллового масла в нейтральной среде</i>	92
<b>Лесинженерное дело</b>		
Якимович С.Б.	<i>Постановка и решение задачи синтеза и оптимального управления технологическими процессами лесозаготовок</i>	96
Мехренцев А.В., Сазонова Е.А.	<i>Синтез производственного процесса лесосечных работ</i>	103
Ширнин Ю.А., Онучин Е.М.	<i>Результаты имитационного моделирования движения колесной лесной машины по ленте леса</i>	107
Казаков И.В.	<i>Влияние параметров прикатывающего катка на степень уплотнения почвы</i>	114
Царев Е.М.	<i>Совершенствование методики расчета лесоудерживающей запани, исходя из новых производственных условий</i>	115
Шадрин А.А.	<i>Управление потоками лесоматериалов в комбинированном цехе</i>	123
Башмаков Д.Ю.	<i>Экспериментальный стенд и методика для исследования длительной прочности при знакопеременных тепловых и влажностных граничных условиях</i>	125
Вэньчже ЯН	<i>Повышение надежности и долговечности тяговых цепей забойных скребковых конвейеров</i>	135
<b>Математическое моделирование</b>		
Саврухин А.П.	<i>Методика и программы обработки информации в области физики высоких энергий</i>	138
Полещук О.М.	<i>Построение интегральных моделей в рамках нечеткой экспертной информации</i>	155
Полещук О.М.	<i>Методы предварительной обработки нечеткой экспертной информации на этапе ее формализации</i>	160
Домрачев В.Г., Ретинская И.В., Нешта Е.П., Курникова М.П.	<i>Обзор и анализ компьютерных средств разработки учебных курсов для дистанционного обучения</i>	167
Антошина И.В., Домрачев В.Г., Ретинская И.В.	<i>Формализованный подход к модернизации локальной вычислительной сети</i>	173
Герц Э.Ф.	<i>Математическая модель вероятности повреждения растительных компонентов леса в процессе трелевки при различных способах захвата лесоматериалов</i>	179
Савельев В.В., Ширнин Ю.А.	<i>Концепция технико-экономического обоснования типа и конструкции дорожных одежд лесовозных автомобильных дорог</i>	186
<b>Воспоминания и размышления</b>		
Моисеев Н.А.	<i>В.А. Чивилихин, писатель, исследователь, человек (к 75 – летию со дня рождения)</i>	191
Якунин М.К.	<i>Отзыв на книгу «Мемуары»</i>	194

## ОЦЕНКА КЛИМАЭКОТИПОВ ДУБА ЧЕРЕШЧАТОГО В ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ПОСЕВАХ ПОДМОСКОВЬЯ

М.Д. МЕРЗЛЕНКО, *проф. каф. лесных культур МГУЛа, член-корр МСА*,  
Д.Л. КОТУРАНОВ, *асп. МГУЛа*

Опыты с географическими посевами и посадками древесных пород позволяют получать экспериментальные данные по сравнительной оценке климаэкотипов. Именно на основании таких опытов было разработано в 1982 году лесосеменное районирование основных лесообразующих пород [3], задачей которого является рациональное использование географической изменчивости древесных пород для выращивания высокопродуктивных и устойчивых лесных насаждений. Закладка и изучение новых географических культур способствуют уточнениям и корректировке действующего лесосеменного районирования.

В Западной Европе первый опыт по географическим культурам дуба на стадии посевов был заложен Кинитцем в 1877 году [8]. В 1905 году в Австрии А. Cieslar [5] заложил опыт с двадцать одним образцом желудей из разных стран Европы. Однако отрицательной стороной этих посевов явилось то, что желуди были собраны не в древостоях, а с отдельных и опушечных деревьев. Значительная сеть географических культур дуба неоднократно создавалась в России: в начале XX века под руководством В.Д. Огиевского, в 50-х годах под руководством А.С. Яблокова и в 70-х годах по единой государственной программе и методике [4]. Вместе с тем, по зоне смешанных лесов Европейской части России географические культуры дуба в настоящее время, по ряду субъективных причин, отсутствуют.

С целью восполнения данного пробела кафедрой лесных культур МГУЛ с 2000 года в Щелковском учебно-опытном лесхозе развернуты опыты по географическим посевам дуба. Они охватили ареал дуба черешчатого с востока на запад от Башкортостана до Беловежской пуши и с севера на юг – от

Финляндии и Вологды по Воронежскую область включительно. Все провениенции дуба черешчатого представлены партиями желудей из нагорных дубрав, классическими среди которых являются в данном опыте нагорные дубравы Ульяновской области. Исключениями явились образцы из пойменных дубрав (Рязанская Мещера и Краснопахорский лесхоз Московской области). Все материнские насаждения были семенными. Лишь желуди из Дмитровского лесхоза Московской области собраны в порослевой дубраве.

Оценка климатипов дуба черешчатого выполнена по двухлетним географическим посевам. В качестве оценочных параметров использована средняя высота и диаметр стволика у корневой шейки. Для объективного суждения о сравнительной успешности роста испытываемых провениенций дуба черешчатого рассчитывали относительный показатель, выраженный в единицах (долях) стандартного отклонения, что широко используется зарубежными учеными [6,7,9]. Такой подход дает возможность получения информации по пластичности климаэкотипов, то есть их способности к адаптации в новых географических условиях.

Однако ход наших расчетов имел ряд специфических видоизменений и в итоге получено среднеарифметическое значение долей стандартных отклонений по высоте и диаметру как суммарный показатель целесообразности интродукции, или внедрения конкретных провениенций в условия Подмосковья. Суть же расчетов и ход их выполнения имели следующую последовательность:

- 1) составление выборки опыта по перечню испытываемых провениенций;
- 2) расчет статистических показателей по высоте и по диаметру, то есть полу-

чение  $\overline{\delta\delta}$  (среднеарифметических показателей роста каждого климатотипа), а также контрольного ( $\overline{\delta\delta}$ ) для всей генеральной совокупности климатотипов;

3) расчет географического дифференциала, или абсолютной успешности испытываемой провениенции:

$$U = \overline{\delta\delta} - \overline{\delta\delta};$$

4) расчет в долях стандартного отклонения относительной успешности испытываемой провениенции:

$$Q = U : S,$$

где  $U$  – абсолютная успешность роста по конкретному показателю, т. е. по высоте или диаметру,

$S$  – стандартное отклонение по всей выборке опыта;

5) получение обобщенного показателя целесообразности внедрения климатотипа:

$$G = (Qh + Qd) : 2,$$

где  $Qh$  – относительная успешность по высоте,

$Qd$  – относительная успешность по диаметру.

Результаты расчетов (таблица) показателей относительной успешности испытываемых провениенций дуба черешчатого по высоте ( $Qh$ ) и по диаметру ( $Qd$ ) свидетельствуют о весьма неоднозначной результативности адаптации тех или иных климатотипов в условиях Подмосковья.

Самыми лучшими показателями  $Qh$  обладают дубки происхождением из Мордовии, Воронежского региона и правобережья Волги в пределах Ульяновской области. Исходя из того, что высота даже однолетних сеянцев находится под генетическим контролем и может использоваться для оценки наследственных свойств климатотипов [2], можно говорить о перспективности этих провениенций для выращивания быстрорастущих культур дуба в Подмосковье. Крайне отрицательные результаты показали климатотипы из Макарьевского лесхоза Костромской области, Альметьевского лесхоза Татарстана и Дмитровского лесхоза Московской области.

По значению относительной успешности роста такого показателя как толщина стволика у корневой шейки ( $Qd$ ) самые луч-

шие значения свойственны дубкам из Останкинской дубравы г. Москвы, а также провениенциям из Беловежской пуши, Тульских засек и Калужской обл. Очень плохой результат у растений из Макарьевского лесхоза Костромской области и Альметьевского лесхоза Татарстана.

Более жесткий и объективный показатель  $G$  как расчетный относительный показатель итоговой целесообразности внедрения конкретного климатотипа (см. табл., см. рисунок), показывает четкие преимущества провениенций дуба черешчатого из традиционно дубравных регионов. Лидером являются дубки из Воронежской области. Подтверждается правота Н.П. Кобранова [1], считавшего Черноземье «царством дуба». Именно здесь сосредоточен наиболее ценный генофонд и биологическое разнообразие дуба черешчатого. С этих же позиций заслуживает внимание массив уникальной Останкинской заповедной дубравы г. Москвы, где возраст насаждений подошел к 200-летнему рубежу при отсутствии признаков явного распада насаждения.

В условиях Подмосковья плохо адаптировались климатотипы из северной и, в особенности, из северо-восточной и восточной частей ареала дуба черешчатого. Следует отметить одинаковую степень поврежденности поздними весенними заморозками как дубков северного, так и южного происхождения. Однако, например, воронежская провениенция дуба позднее и медленней чем вологодская восстанавливает листву, но в итоге вологодский климатип все равно проигрывает южному (воронежскому) по интенсивности, а затем и величине годичного прироста.

Исходя из результатов наших исследований, в целях создания быстрорастущих культур дуба в Московском регионе, следует произвести корректировку действующего лесосеменного районирования [3], рекомендовав использование семенного материала дуба черешчатого из Воронежской области и нагорных дубрав Ульяновской области. Кроме того, очень хорошие результаты дает использование желудей из уникальных насаждений Беловежской пуши и Останкинской дубравы.

**Результаты расчетов обобщенных показателей целесообразности внедрения климатотипов дуба**

Происхождение	Расчет по высоте			Расчет по диаметру			G
	$\overline{Dh}$ (см)	Uh	Qh	$\overline{Xd}$ (мм)	Ud	Qd	
Москва, Останкинская дубрава	32,8	2,0	0,3	5,2	0,9	1,6	1,0
Моск. обл., Подольский лесхоз	30,9	0,1	0,0	4,1	-0,2	-0,4	-0,2
Моск. обл., Краснопахорский лесхоз	28,5	-2,3	-0,4	4,1	-0,2	-0,4	-0,4
Моск. обл., Дмитровский лесхоз	21,3	-9,6	-1,5	3,9	-0,4	-0,7	-1,1
Костромская обл., Макарьевский лесхоз	16,6	-14,2	-2,2	3,1	-1,2	-2,2	-2,2
Брянская обл., Красногорский лесхоз	29,3	-1,5	-0,2	4,2	-0,1	-0,2	-0,2
Рязанская Мещера	32,1	1,3	0,2	3,6	-0,7	-1,3	-0,6
Моск. обл., Сергиево-Посадский лесхоз	31,8	1,0	0,2	4,8	0,5	0,9	0,6
Беловежская Пуща	36,3	5,5	0,9	4,9	0,6	1,1	1,0
Тульские засеки	31,9	1,1	0,2	4,9	0,6	1,1	0,7
Смоленская обл., Вяземский лесхоз	28,7	-2,1	-0,3	4,4	0,1	0,2	-0,1
Калужская обл., Жуковский лесхоз	30,2	-0,6	-0,1	4,8	0,5	0,9	0,4
Калужская обл., Зайцева гора	31,0	0,2	0,0	4,9	0,6	1,1	0,6
Ульяновская обл.	38,2	7,4	1,2	4,6	0,3	0,5	0,9
Лесная опытная дача, МСХА	28,7	-2,1	-0,3	4,0	-0,3	-0,5	-0,4
Воронеж	42,2	11,4	1,8	4,7	0,4	0,7	1,3
Мордовия, Вышинский лесхоз	43,2	12,4	1,9	4,5	0,2	0,4	1,2
Вологда	31,9	1,1	0,2	4,1	-0,2	-0,4	-0,1
Финляндия	28,9	-1,9	-0,3	4,0	-0,3	-0,5	-0,4
Татарстан, Альметьевский лесхоз	22,0	-8,8	-1,4	3,5	-0,8	-1,5	-1,5



● – пункт сбора желудей; — граница ареала дуба;  $\Gamma$  = G

Рис. Результаты целесообразности внедрения провениенций дуба черешчатого в Подмосковье

**Список литературы**

1. Кобранов Н.П. Селекция дуба. – М.: Новая деревня, 1925. – 40 с.
2. Куракин Б.Н. Рост семян ели разного географического происхождения // Лесное хозяйство. – 1979. – №11. – С. 36–39.
3. Лесосеменное районирование основных лесобразующих пород в СССР. – М.: Лесная промышленность, 1982. – 368 с.
4. Пальцев А.М., Мерзленко М.Д. Роль географических культур в лесокультурном деле. – М.: МЛТИ, 1990. – 54 с.
5. Cieslar A. Untersuchungen über die wirtschaftliche Bedeutung der Herkunft des Saatgutes der Stieeiche// Centralblatt für das gesamte Forstwesen. 1923
6. Giertych M. Summary results of the IUFRO 1938 Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) provenance experiment. Height growth// *Silvae. genet.* 1976, 25, № 5 – 6. p. 154 – 164.
7. Giertych M. Summary of results of Scots pine (*Pinus silvestris* L.). Height growth in IUFRO provenance experiments // *Silvae genet.* 1979, № 4. – p. 136 – 152.
8. Krahl-Urban J. Die Eiche. (Biologie der Eichen) – Hamburg und Berlin: Verlag Paul-Parley. 1959. – 310s.
9. Paule L., Laffers A., Korpel S. Ergebnisse der Provenienzversuche mit der Tanne in der Slowakei. Zwolen (Forschungsbericht). 1985. – s. 137 – 159.

**ВЛИЯНИЕ ОДНОКРАТНОГО ВНЕСЕНИЯ УДОБРЕНИЙ НА РАДИАЛЬНЫЙ ПРИРОСТ СОСНЯКА БРУСНИЧНОГО**

И.И. СТЕПАНЕНКО, доц. каф. лесоводства и подсочки леса МГУЛа

В настоящее время актуальным является вопрос целевого выращивания древесины определённых свойств и качеств [1, 8, 9]. В мировой лесной практике широко используется плантационное выращивание с короткими оборотами рубки [1, 2, 8, 9]. Ускоренное выращивание древесины невозможно без дополнительного минерального питания – без внесения удобрений [3, 4, 5, 6]. Считается, что наиболее рентабельно внесение туков в спелые и приспевающие лесные насаждения по сравнению с удобрением других лесных объектов [5, 6, 7, 10, 11].

Наши опыты с минеральными удобрениями проводились в спелом сосняке брусничном в южной тайге Костромской области, произрастающем в свежих лесорастительных условиях (В<sub>2</sub>) на дерново-среднеподзолистых песчаных почвах. Испытывались 4 вида удобрений: азотные (N), полные (NPK), фосфорные (P) и калийные (K) в дозах: 100, 150, 200 кг/га д. в. Изучалось влияние удобрений на динамику радиального прироста сосны обыкновенной – *Pinus sylvestris*.

Исследования радиального прироста сосны проводились на удобренных и контрольных – неудобренных – пробных площадях, на деревьях преобладающего II клас-

са роста (по Крафту) средних ступеней толщины, на образцах древесины, взятых на высоте 1,3 м возрастным буравом. Изучался период за 5 лет до удобрения (1977–1981 гг.) и 6 лет после удобрения (1982–1987 гг.). Результаты удобренных вариантов сравнивали с контрольными и данными за 5 лет до удобрения. Достоверность различий проверялась по *t*-критерию Стьюдента. Различия были значимы при вероятности 0,95.

Исследования показали, что в сосняке брусничном все испытываемые виды и дозы удобрений эффективны и вызывают значительное увеличение радиального прироста, а некоторые влияют и на его динамику.

Во всех вариантах опыта до удобрения (1977–1981 гг.) и в контрольных древостоях после удобрения (1982–1986 гг.) колебания в величине радиального прироста имели циклический характер, и их значения мало отличались от предыдущих лет (рис.). За период после удобрения во всех вариантах опыта, в том числе и в контрольных, имелись две тенденции. Первая характеризовалась увеличением радиального прироста в 1982–1984 гг., вторая – его снижением в 1985–1987 гг. Из анализа метеоданных было установлено, что в 1985 году во второй декаде августа



сложилась неблагоприятные метеоусловия для роста сосновых древостоев. В течение 10 дней стояла сухая, жаркая погода, когда дневная температура была +32 °С и выпало только 2,4 мм осадков. В целом за месяц выпало 41,4 мм, что было ниже многолетней нормы. В 1985 году в дендроцикле радиального прироста всех изучаемых древостоев сосны наблюдался спад. Но некоторые удобрения в сосняке брусничном снизили этот спад и способствовали формированию более равномерного строения древесины по сравнению с другими вариантами опыта.

В сосняке брусничном наиболее эффективны были азотные и полные удобрения во всех дозах. В среднем за 6 лет их действия они увеличили радиальный прирост почти в 2 и более раза по сравнению с контролем (табл.) и способствовали получению дополнительно 20...33 м<sup>3</sup>/га древесины сосны. В первые три года после удобрения величина радиального прироста в опытах с азотны-

ми и полными удобрениями возросла на 39,3...157,6 % по сравнению с контролем, достигнув максимума на третий год действия удобрений (см. табл.). В 1985 году, когда в других вариантах опыта наблюдалось значительное снижение радиального прироста, в опытах с азотными и полными удобрениями спад был меньше, особенно с N150 и (NPK) 200, и величина радиального прироста оставалась довольно высокой (см. рис.). Так, радиальный прирост увеличился в опытах с азотными удобрениями в дозах 100 и 200 кг/га в этом году соответственно на 81,7 и 87,7 %, а в дозе 150 кг/га – на 141,2 %; в опытах с полными удобрениями в дозах 100 и 150 кг/га, соответственно, – на 106,6 и 102,3 %, а в дозе 200 кг/га – на 160,1 % по сравнению с контролем. Причём в неблагоприятный для роста сосняков 1985 год в опытах с N150 и N200 было отмечено наибольшее повышение радиального прироста за изучаемый период (см. табл.).

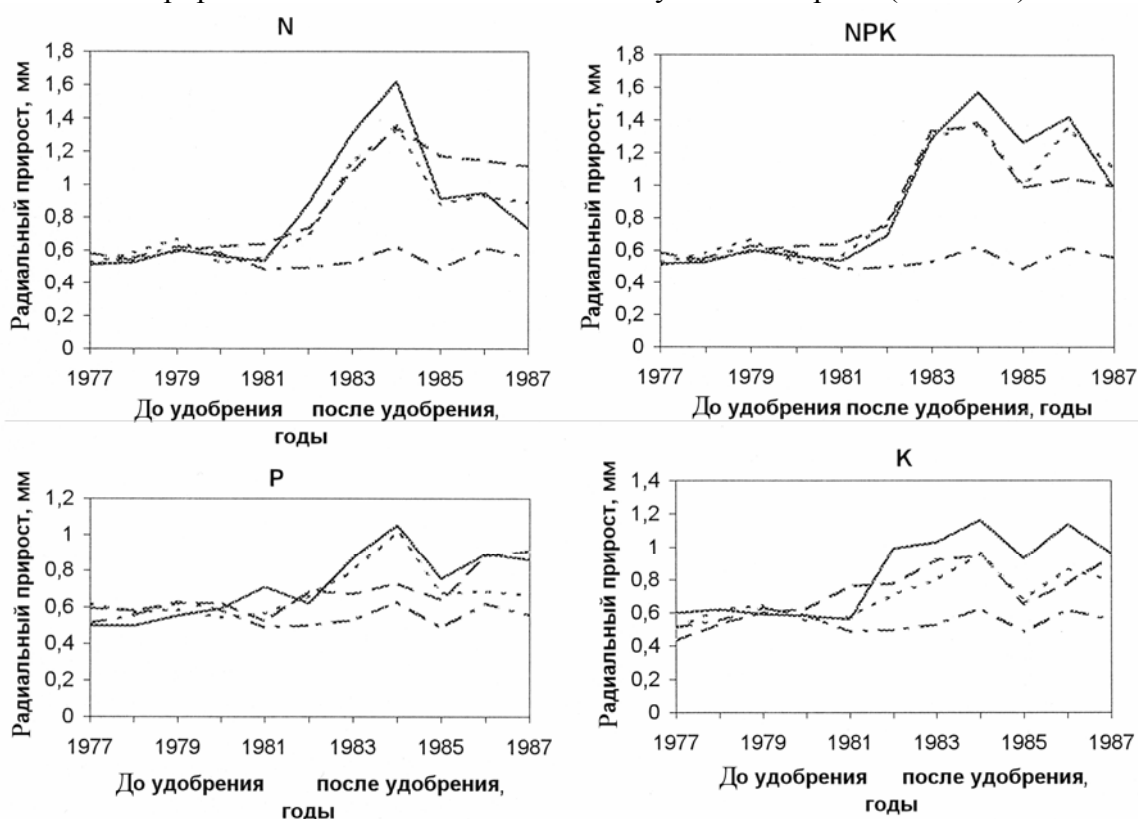


Рис. Динамика радиального прироста в удобренном сосняке брусничном

Условные обозначения:

Виды удобрений: N – азотные; (NPK) – полные; P – фосфорные; K – калийные.

Дозы удобрений: 100 кг/га д.в. - - - -; 150 кг/га д.в. \_\_\_\_; 200 кг/га д.в. \_\_\_\_\_; контроль - · - · - · -  
до удобрения – 1977–1981 гг.; после удобрения – 1982–1987 гг.

**Радиальный прирост сосны за период действия удобрений в сосняке брусничном**

Варианты опыта	Радиальный прирост, мм, за период действия удобрений, лет						Средн. после удобрения (за 6 лет)	Средн. до удобрения (за 5 лет)
	1982	1983	1984	1985	1986	1987		
	1	2	3	4	5	6		
Контроль	<u>0,499</u> 100,0	0,528 100,0	<u>0,629</u> 100,0	<u>0,486</u> 100,0	<u>0,618</u> 100,0	<u>0,558</u> 100,0	<u>0,485</u> 100,0	<u>0,553</u> 100,0
N100	<u>0,699*</u> 140,1	<u>1,135*</u> 215,0	<u>1,336*</u> 212,4	<u>0,883*</u> 181,7	<u>0,928*</u> 150,2	<u>0,889*</u> 159,3	<u>0,978*</u> 176,9	<u>0,573</u> 103,6
N150	<u>0,741</u> 148,5	<u>1,079*</u> 204,4	<u>1,348*</u> 214,3	<u>1,172*</u> 241,2	<u>1,143*</u> 184,9	<u>1,111*</u> 199,1	<u>1,099*</u> 198,7	<u>0,597</u> 108,0
N200	<u>0,883</u> 177,0	<u>1,309*</u> 247,9	<u>1,620*</u> 257,6	<u>0,912*</u> 187,7	<u>0,949*</u> 153,6	<u>0,731*</u> 131,0	<u>1,067*</u> 192,9	<u>0,550</u> 99,5
(NPK)100	<u>0,782*</u> 156,7	<u>1,282*</u> 242,8	<u>1,387*</u> 220,5	<u>1,004*</u> 206,6	<u>1,351*</u> 218,6	<u>1,105*</u> 198,0	<u>1,152*</u> 208,3	<u>0,576</u> 104,2
(NPK)150	<u>0,757*</u> 151,7	<u>1,332*</u> 252,3	<u>1,366*</u> 217,2	<u>0,983*</u> 202,3	<u>1,044*</u> 168,9	<u>0,997*</u> 178,7	<u>1,080*</u> 195,3	<u>0,555</u> 100,4
(NPK)200	<u>0,695*</u> 139,3	<u>1,298*</u> 245,8	<u>1,572*</u> 249,9	<u>1,264*</u> 260,1	<u>1,420*</u> 229,8	<u>0,983*</u> 176,2	<u>1,205*</u> 217,9	<u>0,559</u> 101,1
K100	<u>0,710*</u> 142,3	<u>0,801*</u> 151,7	<u>0,958*</u> 152,3	<u>0,686*</u> 141,2	<u>0,864*</u> 139,8	<u>0,797*</u> 142,8	<u>0,803*</u> 145,2	<u>0,580</u> 104,9
K150	<u>0,775*</u> 155,3	<u>0,919*</u> 174,1	<u>0,950*</u> 151,0	<u>0,656*</u> 135,0	<u>0,775*</u> 125,4	<u>0,936*</u> 167,7	<u>0,835*</u> 151,0	<u>0,590</u> 106,7
K200	<u>0,952*</u> 198,8	<u>0,988*</u> 194,7	<u>1,122*</u> 184,7	<u>0,889*</u> 191,2	<u>1,097*</u> 184,0	<u>0,919*</u> 171,9	<u>0,995*</u> 179,9	<u>0,592</u> 107,0
P100	<u>0,662*</u> 132,7	<u>0,800*</u> 151,5	<u>1,018*</u> 161,8	<u>0,676*</u> 139,1	<u>0,687</u> 111,2	<u>0,664</u> 119,0	<u>0,751*</u> 135,8	<u>0,575</u> 104,0
P150	<u>0,688*</u> 137,9	<u>0,670*</u> 126,9	<u>0,731</u> 116,2	<u>0,637</u> 131,1	<u>0,880</u> 142,4	<u>0,909*</u> 162,9	<u>0,753*</u> 136,2	<u>0,588</u> 106,3
P200	<u>0,620</u> 124,2	<u>0,876*</u> 165,9	<u>1,052*</u> 167,2	<u>0,757*</u> 155,8	<u>0,893</u> 144,5	<u>0,859*</u> 153,9	<u>0,843*</u> 152,4	<u>0,570</u> 103,1

П р и м е ч а н и я : 1) \* – различие с контролем существенно с вероятностью 0,95 ( $t\phi > t_r, t_r = 2,2$ );

2) в числителе – фактические значения радиального прироста, в знаменателе – проценты от контроля.

В последующие после удобрения 1986 и 1987 годы наблюдалось некоторое увеличение годового радиального прироста по сравнению с 1985 годом, однако его значения, в основном, были ниже, чем за период 1983–1984 гг. но выше, чем в контрольных древостоях за этот же период, особенно при N150, (NPK)200 и (NPK)100. В опыте с (NPK)100 в 1986 году наблюдался резкий подъём в дендроцикле радиального прироста, а в 1987 году – его спад (см. рис.), что увеличило неравномерность в ширине годовых колец в этом варианте опыта.

На шестой год после удобрения радиальный прирост оставался выше, чем на контроле на 31,0...93,1 %, только при N200 он был несколько меньше, чем за период до внесения удобрений (см. рис.). Таким образом, N150 и (NPK)200 уменьшили спад в радиаль-

ном приросте в 1985 году, колебания в ширине годовых слоёв в последующие годы и способствовали формированию более равномерного строения древесины сосны.

Фосфорные удобрения в сосняке брусничном увеличили годичный радиальный прирост в среднем за 6 лет на 35,8...52,4 % и дали дополнительно 8,3...16,9 м<sup>3</sup>/га древесины сосны. В опытах с фосфорными удобрениями динамика радиального прироста сосны за период после удобрения была аналогична контрольным древостоям и отличалась от них только более высокими значениями, особенно в 1982–1984 годах когда радиальный прирост увеличился на 32,7...67,2 % по сравнению с контролем.

В 1985 году во всех вариантах опытов с фосфорными удобрениями было снижение радиального прироста. Фосфорные удобре-

ния в дозе 150 кг/га несколько изменили динамику радиального прироста по сравнению с контролем и с другими удобрениями. Они способствовали повышению радиального прироста и в 1986–1987 годах достигнув наибольшего значения на шестой год после удобрения (см. рис.).

Калийные удобрения так же, как и фосфорные, изменили только величину радиального прироста и не повлияли на его динамику (см. рис.). В среднем за 6 лет после удобрения они увеличили радиальный прирост на 45,2...79,9 % и обеспечили получение дополнительного прироста 8,1...21,2 м<sup>3</sup>/га. Наиболее эффективными были калийные удобрения в максимальной дозе 200 кг/га. Они уже в год их внесения, 1982, увеличили радиальный прирост почти в 2 раза, и в течение 6 лет его показатели были выше на 71,9...94,7 % по сравнению с контролем. В опытах с калийными удобрениями в динамике радиального прироста наблюдался подъём в 1982–1984, 1986 годах, а в 1985 и 1987 годах – спад.

На шестой год после удобрения значения радиального прироста оставались выше на 42,8...71,9 %, чем на контроле. В опыте с К150 на шестой год после удобрения не было спада в дендроцикле радиального прироста, в отличие от контроля и других вариантов опыта, напротив, наблюдалось увеличение ширины годичных слоёв на 67,7 % (см. рис.). Калийные удобрения К200 не только значительно увеличили радиальный прирост, но и способствовали формированию более равномерных годичных слоёв сосны.

В основном, удобрения влияли на радиальный прирост в течение шести лет. Но в опытах с N100, N150, с полными удобрениями во всех дозах, P150 и K150 и на шестой год после удобрения ширина годичных слоёв была значительно больше, чем на контроле. По-видимому, в этих вариантах опыта действие удобрений будет проявляться и в последующие годы.

Таким образом, за 6 лет в сосняке брусничном удобрения увеличили перепады в ширине годичных слоёв и способствовали формированию менее равномерного строения древесины по сравнению с контролем

(NPK)100, K100, K150 и фосфорные удобрения во всех дозах. Положительно повлияли на величину и динамику радиального прироста, увеличили равномерность строения древесины сосны, повысили устойчивость к неблагоприятным климатическим факторам следующие удобрения: азотные, особенно N150, (NPK)200, (NPK)150 и K200. Наши исследования показали, что с помощью минеральных удобрений, учитывая их виды, дозы, климатические факторы, в сосняке брусничном можно получать дополнительный прирост до 14...33 м<sup>3</sup>/га древесины сосны равномерного строения и повысить устойчивость сосновых насаждений к неблагоприятным климатическим факторам.

### Список литературы

1. Полубояринов О. И., Фёдоров Р. Б. Качество древесины культур сосны плантационного типа на северо-западе европейской части СССР / Лесоводство, лесные культуры и почвоведение. – Л.: ЛТА, 1991. – С. 89–95.
2. Полубояринов О. И. Влияние лесохозяйственных мероприятий на качество древесины: Учеб. пособие. – Л.: РИО ЛТА, 1974. – 96 с.
3. Победов В.С. Применение удобрений в лесном хозяйстве. – М.: Лесная пром-сть, 1972. – 201с.
4. Победов В.С. Исследование и обоснование применения минеральных удобрений в интенсивном лесном хозяйстве (на примере Белорусской ССР): Дис ... д-ра с.-х. наук. – Гомель, 1981. – 450 с.
5. Сляднев А. П. Комплексный способ выращивания сосновых насаждений. – М.: Лесная пром-сть, 1971. – 105 с.
6. Справочник по удобрениям в лесном хозяйстве / В. С. Победов, И. М. Булавик, Е. А. Лебедев и др.; Отв. ред. В. С. Победов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1986. – 172 с.
7. Победов В.С. Экономическая эффективность использования минеральных удобрений в лесном хозяйстве. – М.: ЦБНТИ лесхоз, 1975. – 43 с.
8. Horsholm S. Possible gains in initial stages of a national tree improvement programme using different technique.: [Pap.] Proc. Nord Trees Breeders Meet. // Forest Tree Improv. – 1990. – N 23. – p. 11–38.
9. Mitchell K. J. SYLVER: modeling the impact of silviculture on yield, lumber value, and economic return. // Forest. Chron. – 1988. – 64. – N 2. – p. 127–131.
10. Laakkonen O. Toitswran lannoituksen kannattavuus etelasusuomen Kuivahkon kankaan mannikoissa. // Folia Forest. – 1989. – N 741. – p. 1–26.
11. Ondro W. J., Constantino L. F. Financial Return from Fertilizing 70-year old Lodgepole Pine near Hinton, Alberta. // Forest. Chron. – 1990. – 66. – N 3. – p. 227–292.

## СОДЕЙСТВИЕ ПРОМЫСЛОВОМУ ВОСПРОИЗВОДСТВУ ЧЕРНИКИ И ГРИБОВ В СЛОЖНЫХ СУБОРЯХ

Л.Ю. КЛЮЧНИКОВ, *проф. каф. лесоводства и подсочки леса МГУЛа, д-р с.-х. наук,*  
И.Л. КЛЮЧНИКОВ, *директор Вологодского комбината пищевых продуктов леса, канд. с.-х. наук*

На высокопродуктивных угодьях урожай Черники или грибов может достигать 300–500 кг/га [2, 5]. Такие участки лесного фонда выделяют в специализированные площади промысловой заготовки. При лесовосстановлении, рубках ухода и главного пользования следует сохранять и улучшать такие угодья. Лесохозяйственные работы выполняются обычными способами, но требуется соблюдать определенные условия для содействия дикорастущим. Поэтому при оформлении лицензий и договоров на аренду лесхоз согласовывает с лесопользователем (предпринимателем, заготовителем) порядок выполнения работ, размер и форму оплаты [6].

Название *сложные субори* объединяет типы леса ельники и сосняки черничники свежие, кисличники и ельники черничники влажные. Типы условий местопроизрастания С2-С3. Почвы – более и менее богатые суглинки. Места хорошо дренированы или слабо дренированы, но не заболочены. Древостои хорошей и высокой продуктивности [3]. При разреживании рубками ухода характерно разрастание трав, отрицательно влияющее на развитие и плодоношение черники и грибов.

Черника – лесное растение, не переносящее прямого солнечного освещения. Оптимальный световой режим для нее при сомкнутости древостоя 0,6–0,8. После сплошных рубок без сохранения подроста, почвы и ягодника черника исчезает и долго не восстанавливается. Так, при лесозаготовке с технологией укладки деревьев под углом к волоку подрост ели уничтожен на 90 %, почва минерализована на 80 % площади. Осталось только 13 % кустов ягодника и те практически полностью погибают за 3–4 года. Восстановление черники после такой

рубки продолжается 40–50 лет. Для достижения устойчивого промыслового плодоношения с уровнем 400 и более кг ягод на 1 га требуется до 60 лет [5].

С применением щадящей технологии лесозаготовок состояние ягодника намного лучше. При разработке машинами ЛП-19 и ТБ-1 в ельнике – черничнике свежем с укладкой деревьев на волок сохранилось 60 % подроста ели и покрова черники, почва не повреждена на 65 % площади. Оставшиеся подрост и подлесок защищают ягодник от неблагоприятных воздействий. В местах с сомкнутостью 0,4 и ниже отмечено последующее снижение проективного покрытия черники под влиянием солнечной радиации и разрастания трав, в особенности вейника. По мере восстановления подроста и подлеска после рубки сомкнутость повышается, проективное покрытие черники возрастает, состояние ее улучшается. Восстановление ягодника протекает успешнее при традиционных способах лесозаготовок – валке деревьев бензопилой и трелевке трактором с тросовой оснасткой.

В молодых насаждениях после любых сплошных рубок не приходится ожидать хорошего плодоношения черники. Осветления и прочистки в местах будущих промысловых заготовок, наряду с формированием состава древостоев, должны иметь целью увеличение проективного покрытия ягодника. В возрасте прореживания и проходных рубок можно рассчитывать на существенное повышение промыслового урожая ягод в результате проведения рубок ухода. В насаждениях, сформированных из сохраненного подроста, промысловое значение ягодника на преобладающей части площади наступает через 30–35 лет – в возрасте прореживания хвойных. На волоках

соответствующий уровень плодоношения задерживается до 45 лет после сплошной рубки. Если насаждения восстановилось при отсутствии подростка после рубки, то на промысловое плодоношение черники можно рассчитывать в возрасте проходной рубки – через 50–60 лет после лесозаготовки.

Прореживания и проходные рубки создают оптимальный световой режим для ягодника и одновременно уменьшают конкуренцию со стороны древесных пород. Исследования в ельниках – черничниках показали, что снижение полноты от 0,73 до 0,6 повысило урожай ягод на 30 %. Оптимальная освещенность для плодоношения черники при сомкнутости крон деревьев 0,5–0,6 [5]. При таком разреживании полога в типах леса кисличники и черничники вероятно разрастание трав, неблагоприятное для ягодника. Поэтому актуальной задачей может явиться разработка способов изреживания травостоя.

Природе черники в наибольшей мере соответствуют выборочные рубки. На преобладающей части площади достигается высокая сохранность подростка и ягодника. Возможно постоянно поддерживать полноту в пределах 0,5–0,7 с оптимальными световыми условиями для плодоношения и роста черники. На волоках при выборочной рубке ягодник восстанавливается в 15 лет, а после зимней лесозаготовки – в 5 лет. Постепенные рубки и комплексные, сочетающие элементы главного пользования и ухода, тоже позволяют непрерывно создавать условия для произрастания и плодоношения черники. Названные виды рубок более сложны по выполнению, их рекомендуется применять на площадях промысловой заготовки ягод.

В грибоносных насаждениях рубки ухода увеличивают влажность почвы, освещенность и поступление тепла к нижним ярусам растительности. Такие изменения благоприятны для плодоношения грибов. На относительно богатых почвах кисличниковых и черничниковых типов леса излишнее разреживание вызывает разрастание трав, снижающее урожай. Создавая преобладание хвойных пород следует сохранять

био группы лиственных деревьев, симбиотически связанных с определенными видами съедобных грибов. Так, в чистом сосняке преобладающую часть урожая составляет масленок, в ельнике – гладыш и сыроежка, в березняке – груздь черный и сыроежка, в осиннике – подосиновик и валуй. Исследования по формированию чистых насаждений показали непереносимое сокращение числа видов грибов. Общая грибная продуктивность в осиннике, ельнике, березняке оказалась в 1,6–1,8 раза ниже, чем в контрольных смешанных древостоях. Исключение составила пробная площадь в чистых 15-летних культурах сосны, где преобладал масленок. За 6 лет наблюдений масса плодовых тел трехкратно превысила урожай смешанного насаждения.

Хвойно – лиственным молоднякам в условиях сложных суборей свойственно низкое плодоношение грибов – до 30 кг/га. Осветления и прочистки на опытных участках не показали положительных результатов или даже снизили урожай в течение нескольких лет. Причина заключается в увеличении освещенности и разрастании трав, особенно вейника и других злаковых. В последующие 5–10 лет экологическая обстановка выравнивается и различия в плодоношении грибов не проявляются.

Прореживание березняка с елью в кисличнике с участием широколистных трав повысило урожай грибов в 2,5–3 раза в первые годы и затем в 1,2–2,3 раза до 5–6 лет. Постепенное выравнивание плодоношения с контрольной секцией объясняется появлением поросли лиственных пород и разрастанием трав. Проходные рубки со слабым разреживанием (15 % запаса) не отразились на плодоношении грибов. При выборке 30 % запаса в осиннике кисличном урожай увеличился на протяжении 5 лет в среднем двукратно. Более половины прибавки урожая составили плодовые тела валуя и рядовок. Для увеличения плодоношения грибов имеет значение сезон выполнения работ [2]. Прореживания и проходные рубки требуется проводить зимой, чтобы не повреждать почву и грибной мицелий.

Т а б л и ц а

Состав	Полнота	Средние за 6 лет	
		урожай, кг/га	число видов съедобных грибов
10С	0,7	104	9
8С2Б	0,8	35	12

Проведение механизированных рубок, осушение болот, крупные лесные пожары в последние десятилетия сократили запасы грибов и ягод в 3–5 раз. Все же они остаются весьма значительными и осваиваются слабо из-за малочисленного населения на местах. Так, в Костромской области заготавливают в среднем 12–16 % эксплуатационных запасов ягод и 7 % грибов [4]. В Вологодской области – 4–5 % ягод, а грибов менее 1 % [1].

В местах с населением и развитой сетью дорог целесообразно повышать продуктивность лесных угодий, используемых для заготовки пищевых продуктов. Важнейшим лесоводственным мероприятием для усиления плодоношения черники и грибов являются прореживания и проходные рубки в средневозрастных и приспевающих насаждениях. На относительно плодородных почвах кисличных и черничных типов леса разреживание древесного полога, требующееся для увеличения урожая, вызывает разрастание трав. Поэтому актуальной задачей может стать разработка способов ограничения развития травостоя без повреждения почвы, ягодника и грибного мицелия.

Названные виды рубок ухода повышают урожай черники и грибов в 2–3 раза и более по сравнению с высокополнотными насаждениями. Рубки проводят принятыми в лесоводстве приемами без повреждения

ягодных и грибных угодий. При умелом выполнении получится двойной результат: лесоводственный заключается в увеличении прироста и формировании лучших деревьев, промысловый – в повышении продуктивности угодий. От реализации возросшего урожая ягод и грибов получается существенная прибыль.

### Список литературы

1. Кожухов Н.И., Ключников И.Л., Мальцев Е.И. О динамике ресурсного потенциала недревесной продукции леса Вологодской области и его использовании // Лесное хозяйство.– 1998. – №6. – С. 42–44.
2. Малый Л.П., Черкасов А.Ф., Шубин В.И. и др. Предложения к проведению рубок ухода на специализированных площадях промысловой заготовки грибов. – Гомель, 1987. – 14 с.
3. Мелехов И.С. Лесоведение. – М.: МГУЛ, 200 с.
4. Миронов К.А. Ресурсы основных видов недревесной растительной продукции в лесах Костромской области, их использование и охрана // Вопросы использования и восстановления древесных и недревесных ресурсов южной тайги: Сб. науч. тр. Костромской ЛОС. – М.: ВНИИЛМ, 1998. – С. 44–49.
5. Обыденников В.И., Ключников И.Л. Проблема сохранения, возобновления и повышения продуктивности ценопопуляций ягодников в связи с лесоводственными системами // Лесной вестник. – 1998. – № 3.– С. 89–98.
6. Основные положения по осуществлению побочных лесных пользований в лесах Российской Федерации. – М.: ВНИИЦлесресурс, 1994. – 39 с.

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПОВРЕЖДЕНИЙ АССИМИЛЯЦИОННЫХ ОРГАНОВ ТОПОЛЯ БАЛЬЗАМИЧЕСКОГО (*POPULUS BALSAMIFERA* L.) ИОНАМИ РАЗЛИЧНЫХ МЕТАЛЛОВ

А.А. КУЛАГИН, науч. сотр. лаборатории лесоведения Института биологии Уфимского научного центра РАН, канд. биол. наук

В условиях загрязнения в растениях происходят изменения, которые связаны с резко или постоянно увеличивающейся долей отдельных токсичных компонентов в окружающей среде, к ним относятся и металлы. Одним из наиболее информативных показателей состояния растения в условиях загрязнения являются скорость роста, степень сформированности и поврежденность ассимиляционного аппарата [5, 1, 17, 18].

Тополь бальзамический (*Populus balsamifera* L.) – относится к видам-интродуцентам, который широко используется в «зеленом строительстве». Этот вид характеризуется высокой скоростью роста, устойчивостью к действию пылевидных и газообразных загрязнителей, а также обладает достаточной декоративностью, что делает выгодным его использование в городских посадках. Посадки тополя 1950–60-х годов на сегодняшний день вступают в критический возраст. Деревья усыхают и постепенно вырубаются, поэтому встает вопрос о целесообразности применения тополя бальзамического при создании санитарно-защитных насаждений в дальнейшем. Одним из основных критериев при отборе древесных пород для городских насаждений является их устойчивость к газообразным и пылевидным загрязнителям, способность аккумулировать наибольшие количества токсикантов в своих органах и тканях, не снижая при этом энергии роста, сохраняя долговечность и декоративность [8, 14].

Отмечается, что при отсутствии в окружающей среде поллютантов практически 100 % листьев тополя бальзамического здоровы и не имеют видимых признаков повреждений. Показано, что при постоянно увели-

чивающейся концентрации токсикантов в среде, как правило, пропорционально увеличивается площадь и доля поврежденных листьев, что приводит к отмиранию значительной части зеленой массы растений. Установлено, что при однократном действии высоких концентраций токсичных соединений, в том числе и металлов, ассимиляционный аппарат растений повреждается неодинаково [3, 8].

В литературе имеется информация, позволяющая использовать визуальные методы для оценки состояния лесных экосистем [11]. Однако следует отметить, что объектами исследований, как правило, служили древесно-кустарниковые насаждения промышленных центров с их огромным спектром токсичных компонентов. Значительное количество публикаций посвящено описанию результатов экспериментальных работ с травянистыми растениями [12]. Особенностью описанных в научной литературе вегетационных экспериментов является их кратковременный характер – продолжительность проведения исследований, как правило, не превышает двух недель. Целью настоящей работы стало выявление металл-специфических повреждений ассимиляционного аппарата тополя бальзамического (*Populus balsamifera* L.) при действии на растения сублетальных доз ряда металлов в условиях длительного 65-суточного эксперимента.

Экспериментальные исследования по выявлению характера и степени влияния сублетальных концентраций ионов различных металлов на растения тополя бальзамического проводили в условиях водной культуры. Работы проводились на растениях тополя бальзамического, выращенных из дре-

весных черенков. Пол деревьев не определялся. Длина черенков –  $25 \pm 0,5$  см, диаметр –  $4,5 \pm 1$  мм, количество почек 7–8 (Комиссаров, 1964). Черенки выращивались в тепличных условиях при средней влажности воздуха  $65 \pm 2$  %, температуре  $22,0 \pm 0,8$  °С, при естественном фотопериоде. Температура и влажность контролировались каждый день в течение эксперимента.

100 черенков помещали в вегетационные сосуды (50 шт.) с водными растворами солей (все соли являются водорастворимыми) сублетальной концентрации:  $\text{KCH}_3\text{COO}$ ,  $\text{NaCH}_3\text{COO}$ ,  $\text{Ca}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ ,  $\text{Ba}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ ,  $\text{Mg}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ ,  $\text{Mn}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ ,  $\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2$  – 10 г/л и  $\text{Cu}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ ,  $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$  – 2 г/л. Такой набор металлов не случайный – здесь представлены металлы из группы макро- и микроэлементов, а также металлы, ионы которых относятся к группе фитотоксичных ионов. Различия в концентрациях солей обусловлены неодинаковой фитотоксичностью металлов – медь и свинец являются наиболее токсичными металлами по отношению к растениям по сравнению с другими [13, 4, 16, 15]. Ацетаты металлов также были выбраны не случайно. По данным ряда авторов эти анионы не оказывают значительного влияния на растения по сравнению с другими, таким образом в экспериментах токсический эффект обусловлен по большей части действием катиона [10, 6]. В качестве контрольных были использованы растения, которые выращивались в сосудах с дистиллированной водой. В вегетационных сосудах поддерживался постоянный объем раствора (0,5 литра) путем доливания дистиллированной воды два раза в неделю.

По ходу эксперимента, через день, с помощью штангенциркуля измерялись размеры (длина и ширина) всех распустившихся листьев. Площадь листьев рассчитывали по формуле:  $S = 1/2 \cdot d_1 \cdot d_2$ , где  $d_1$  – длина листа,  $d_2$  – ширина листа.

Дыхание листьев определяли по методу Варбурга с использованием аппарата Варбурга (WARBURG-APPARAT VEB GLASWERKE STUTZEBACH, Germany),

пигменты в листьях определяли по методу Wintermans, De Mots с использованием спектрофотометра SPECOL 21 (Poland) [2].

Длительность эксперимента – 65 суток. Повреждения листьев опытных растений тополя бальзамического в течение эксперимента оценивались визуально. Все измерения проводились не менее чем в 10 повторностях. Статистическая обработка полученных данных проводилась с использованием программного пакета *Microsoft Excel 2000*. На рис. 1, 2 представлены средние данные относительно количества пораженных листьев, а также площади хлорозных и некротических пятен.

При выращивании растений тополя бальзамического на водных растворах ацетатов металлов наблюдаются различия в сроках распускания первых листьев и характере распускания почек (таблица).

Установлено, что  $\text{Cu}^{2+}$  оказывает негативное влияние на распускание листьев в наибольшей степени. При действии  $\text{Na}^+$  отмечается значительная задержка распускания листьев. Ионы  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  и  $\text{Mn}^{2+}$  несколько стимулируют распускание листьев тополя бальзамического, в то время как  $\text{Ba}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$  и  $\text{Pb}^{2+}$  не оказывают значительного влияния на характер распускания листьев.

В ходе изучения роста листьев отмечены значительные различия в характере формирования листовой пластинки. Установлено, что рост листьев тополя бальзамического, выращенных в условиях избыточного содержания  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Ba}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$  и  $\text{Pb}^{2+}$  в среде, характеризуется как незначительный по сравнению с ростом листьев контрольных растений. Площадь листьев опытных растений не превышает 50 % площади листьев контрольных растений. Следует отметить, что рост листьев прекратился на 30-е ( $\text{Mg}^{2+}$ ) и 32-е сутки ( $\text{K}^+$ ) эксперимента. Продолжительность периода роста листьев у черенков, выращенных в условиях засоления среды  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cu}^{2+}$  и  $\text{Mn}^{2+}$ , составила 19, 22 и 31 сутки соответственно – рост листьев прекратился на 34-е сутки ( $\text{Na}^+$ ) и 36-е сутки ( $\text{Cu}^{2+}$  и  $\text{Mn}^{2+}$ ) эксперимента. Увеличение площади листьев рас-



тений тополя бальзамического, выращенных при избыточном содержании в среде  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Ba}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$  и  $\text{Pb}^{2+}$ , прекратился на 38-е сутки эксперимента. Отмечено, что период роста листьев составил 32 суток при избытке в среде  $\text{Ba}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$  и  $\text{Pb}^{2+}$ , 37 суток –  $\text{Ca}^{2+}$ . Рост листьев контрольных растений характеризовался следующими показателями: продолжительность роста – 40 суток, прекращение роста отмечено на 46-е сутки эксперимента.

Характер повреждений листьев, сформировавшихся на черенках тополя бальзамического, различается при действии на них различных металлов. Так, на листьях отмечались следующие виды повреждений: хлорозы, некрозы, усыхание и скручивание. Были обнаружены следующие разновидности хлорозов – краевой, межжилковый и по центральной жилке, некрозов – краевой, межжилковый, по центральной жилке и некрозные пятна по всей поверхности листа (диффузные некрозные пятна). Следует отметить, что у листьев контрольных растений повреждения на листьях не обнаружены (см. рис. 1 и 2).

У растений, выращенных при избыточном содержании  $\text{K}^+$  в растительном субстрате отмечено появление следующих повреждений: хлорозов – у 50 %, некрозов – у

20 %, усыхание – у 10 % листьев от общего количества распустившихся. Из общего количества хлорозов наибольший процент по центральной жилке – 30 %, межжилковых – 10 %, краевых – 5 %. Повреждения в виде некрозов отмечены только по центральной жилке. Скручивания листьев не обнаружено.

Листья растений, выращенных в условиях избыточного содержания  $\text{Na}^+$  в среде, оказались поврежденными неравномерно – у 30 % листьев отмечались хлорозы, в т.ч. краевые – 10 %, по центральной жилке – 20 %, некрозы – у 5 % листьев (только краевые). Повреждения листьев в виде усыхания составили 15 % от общего количества распустившихся листьев. Скручивания листьев обнаружено не было.

У листьев растений, выращенных в условиях избытка  $\text{Ca}^{2+}$ , проявляются повреждения в виде хлорозов по центральной жилке – 60 % и скручиваний – 20 %.

Около 90 % листьев растений, выращенных при избыточном содержании  $\text{Ba}^{2+}$  в среде – повреждены. Хлорозы составляют 10 % – отмечались хлорозы только по центральной жилке, некрозы – 30 %: краевой – 20 % и некрозные пятна – 10 %, скручивание – 50 % от общего количества поврежденных листьев. Усыхания листьев обнаружено не было.

Т а б л и ц а

**Распускание листьев у черенков тополя бальзамического, выращенных в условиях избыточного содержания металлов в растительном субстрате**

Металл	Доля черенков, у которых раскрылись все почки, %	Количество суток, затраченных на распускание первых листьев
Контроль	100	6
К	80	4
Na	85	<b>15</b>
Ca	<b>40</b>	<b>1</b>
Ba	95	6
Mg	95	5
Mn	85	5
Cu	<b>30</b>	<b>14</b>
Zn	85	6
Pb	85	6

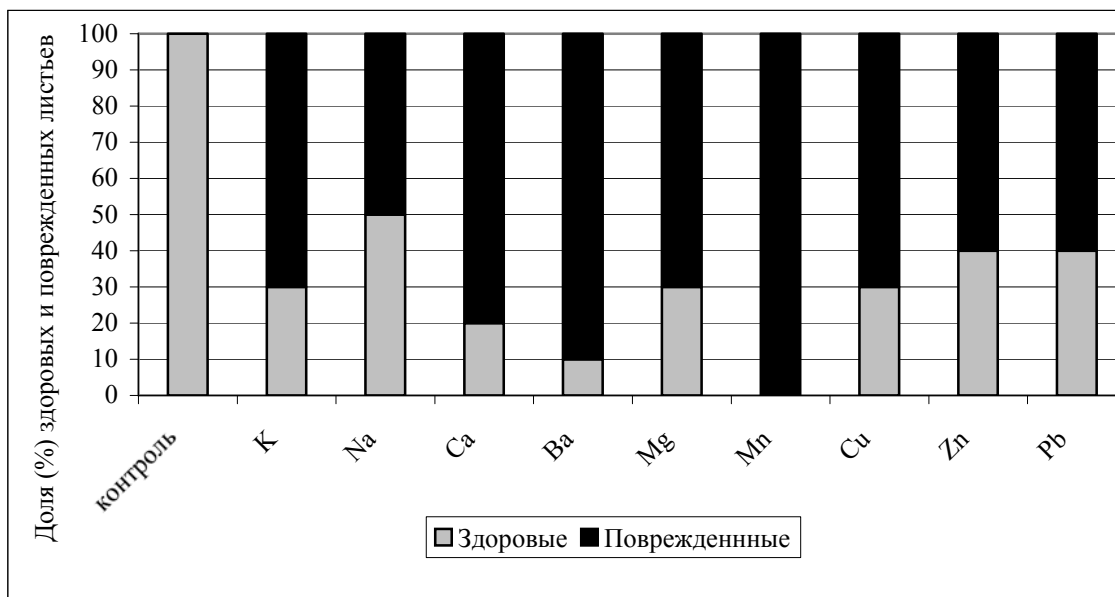


Рис. 1. Соотношение (%) здоровых и поврежденных листьев у растений тополя бальзамического (*Populus balsamifera* L.), выращенных в условиях избыточного содержания металлов в среде

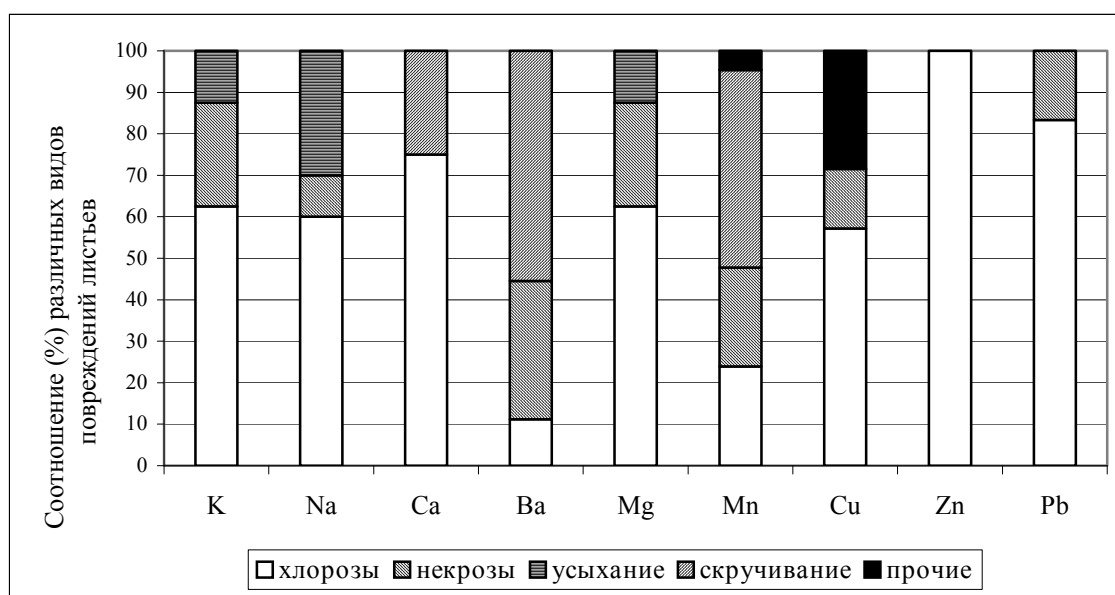


Рис. 2. Соотношение (%) различных видов повреждений листьев у растений тополя бальзамического (*Populus balsamifera* L.), выращенных в условиях избыточного содержания металлов в среде

Листья тополя бальзамического, сформировавшиеся на фоне избыточного содержания  $Mg^{2+}$  в среде, в значительной степени поражены – у 70 % всех листьев отмечались повреждения, из которых хлорозы составляют 50 % (краевые – 5 %, по центральной жилке – 45 %), некрозы – 20 % (краевые – 5 %, по центральной жилке –

15 %), усыхание – 10 %. Скручивания листьев не отмечалось.

При избытке  $Mn^{2+}$  в среде все листья растений повреждены. Помимо повреждений в виде хлорозов – 25 % (межжилковые – 5 %, по центральной жилке – 20 %), некрозов – 25 % (краевые – 5 %, по центральной жилке – 20 %), скручиваний – 50 %, отмече-

но появление белых волдырей на поверхности некоторых листьев.

Только 30 % листьев растений тополя бальзамического, выращенных при повышенной концентрации  $\text{Cu}^{2+}$  в среде, не имели видимых повреждений. У 40 % листьев обнаружены хлорозы по центральной жилке, у 10 % – межжилковые некрозы. На 20 % листьев отмечалось появление белого налета.

У листьев растений, выращенных в условиях избытка  $\text{Zn}^{2+}$ , проявляются повреждения в виде хлорозов по центральной жилке – 60 %.

При выращивании растений в условиях избытка  $\text{Pb}^{2+}$  в растительном субстрате отмечено появление повреждений у 60 % распутившихся листьев: хлорозов – у 50 %, в т.ч. краевых – у 30 %, межжилковых – у 10 %, по центральной жилке – у 10 %; некрозов – у 10 %, в т.ч. краевых – у 5 %, межжилковых – у 5 % и некрозных пятен – у 5 %. Скручивания и усыхания листьев не обнаружено.

Установлено, что при действии  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Ba}^{2+}$  и  $\text{Mn}^{2+}$  наблюдается некоторое увеличение площади хлорозов, затем их относительная площадь уменьшается, но постепенно увеличивается площадь некрозов; при действии  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$  и  $\text{Cu}^{2+}$  площадь хлорозов на листьях постепенно увеличивается при незначительно изменяющейся площади некрозов. Характер повреждений листьев тополя бальзамического при действии  $\text{Pb}^{2+}$  отличается от предыдущих – резко возрастает площадь некрозов на листьях с самого начала интоксикации, в то же время площадь хлорозов на листьях тополя не превышает 30 % от общей площади листа.

Таким образом, по ходу эксперимента наблюдалось постоянное углубление степени поражения тканей листа. Сначала отмечалось появление хлорозных пятен, затем формировались некрозные пятна, после чего происходило полное усыхание тканей листьев. Отмечается, что более 80 % пораженных листьев опадали.

Резкое увеличение содержания ионов в растительном субстрате наряду с появлением видимых повреждений листьев обу-

славливает изменения на уровне жизненно важных физиолого-биохимических процессов. Так, было установлено, что дыхание листьев опытных растений, как правило, не превышало 30 % от контрольного значения и лишь в случае со свинцом этот показатель приблизился к 80 %. Кроме того, показаны достоверные различия качественного и количественного состава пигментов фотосинтеза в опытных образцах по сравнению с контрольными. Во-первых, отмечено снижение суммы хлорофиллов и каротиноидов в листьях опытных растений в среднем на 60 % (от 19 % для  $\text{Ca}^{2+}$  до 95 % для  $\text{Ba}^{2+}$ ). Во-вторых, под действием ионов металлов происходит изменение соотношения пигментов фотосинтеза в листьях тополя бальзамического. В листьях контрольных растений соотношение пигментов в соответствии с их функциями характеризуется следующими показателями – хлорофилл **A** : хлорофилл **B** : каротиноиды – 5 : 3 : 2. Ионы  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ba}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  и  $\text{Mn}^{2+}$  обуславливают увеличение доли хлорофилла **B** до 5–7 единиц при одновременном снижении доли хлорофилла **A** до 2–3 единиц, при действии ионов  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$  и  $\text{Cu}^{2+}$  наблюдалось увеличение доли каротиноидов до 5–8 единиц. В случае с  $\text{Pb}^{2+}$  происходит двукратное увеличение доли каротиноидов (при не изменяющейся доле хлорофилла **A**), а с  $\text{Na}^+$  – наблюдалось увеличение доли хлорофилла **A** в полтора раза по сравнению с контролем (доли хлорофилла **B** и каротиноидов кратно уменьшаются).

Благодаря способности растений тополя бальзамического к повторному облиствлению в течение одного сезона (Кулагин и др., 2000) в течение эксперимента на растениях сформировались новые листья, которые способны выполнять полностью все функции, характерные для ассимиляционных органов растений.

Проведенные исследования позволяют утверждать, что избыточное содержание ионов металлов в значительной степени задерживает рост листьев тополя бальзамического, оказывает угнетающее воздействие на работу физиолого-биохимических процессов в листьях. Максимальный токсический эффект на

рост листьев оказывают  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Ba}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$  и  $\text{Zn}^{2+}$  – в этом случае листья не достигают больших размеров и продолжительность их роста невелика. При изучении действия  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  и  $\text{Pb}^{2+}$  на рост листьев растений тополя установлено, что эти металлы задерживают их рост уже на самых ранних этапах. Следует отметить, что при действии  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  и  $\text{Mn}^{2+}$  наблюдается эффект стимуляции развития листьев тополя.

Основным и наиболее часто проявляющимся типом повреждений были хлорозы, локализованные по центральной жилке (для  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ba}^{2+}$ ). Отмечены также повреждения в виде некрозов по центральной жилке (для  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ). При действии  $\text{Pb}^{2+}$  на растения тополя бальзамического наибольшую долю составили краевые хлорозы, что согласуется с высоким уровнем дыхания и незначительными изменениями доли основного пигмента фотосинтеза – хлорофилла А в листьях опытных растений. Кроме того, были обнаружены повреждения в виде скручивания листьев ( $\text{Ba}^{2+}$  и  $\text{Ca}^{2+}$ ), появление белого налета –  $\text{Cu}^{2+}$  и появление белых волдырей при действии  $\text{Mn}^{2+}$  на растения тополя бальзамического.

На основании проведенных исследований можно сделать заключение о том, что эффект, вызванный действием металлов на растения, не ограничивается появлением одного из вышеуказанных типов повреждений ассимиляционного аппарата. Существует их прямая взаимосвязь, поскольку в ряду «хлороз-некроз-усыхание» глубина повреждений постоянно увеличивается, что, в конечном счете, приводит к гибели листа и его опаданию. Хлорозы и некрозы были локализованы на периферии листа и затем постепенно перемещались к центральной жилке (наиболее опасный вид повреждений). Усыхание листьев носит сходный характер – от периферии к центральной жилке и основанию листа. Таким образом, показано, что при действии сублетальных концентраций ионов металлов на растения тополя отмирание тканей листьев происходит постепенно. Следует отметить, что на листьях контрольных растений повреждения не обнаружены.

## Список литературы

1. Антипов В.Г. Устойчивость древесных растений к промышленным газам. – Минск: Наука и техника, 1979. – 216 с.
2. Баславская С.С., Трубецкова О.М. Практикум по физиологии растений. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1964. – С.105–125.
3. Беляева Л.В., Николаевский В.С. Влияние промышленных газов на рост побегов и ассимиляционные органы древесных растений // Науч. тр. Моск. лесотехн. ин-та, 1987. – Вып.188. – С.24–27.
4. Загрязнение воздуха и жизнь растений / Под ред. М.Трешоу. – Л.: Гидрометеиздат, 1988. – 527 с.
5. Илькун Г.М. Загрязнители атмосферы и растения. – Киев: Наукова думка, 1978. – 247 с.
6. Кагарманов И.Р. Биологические особенности тополя в связи с лесовосстановлением в техногенных условиях Предуралья: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Уфа: Изд-во БГУ, 1995. – 18 с.
7. Комиссаров Д.А. Биологические основы размножения древесных растений черенками. – М.: Лесная пром-сть, 1964. – 273 с.
8. Кулагин А.Ю., Кагарманов И.Р., Блонская Л.Н. Тополя в Предуралья: дендрэкологическая характеристика и использование. – Уфа: Гилем, 2000. – 124 с.
9. Кулагин Ю.З. Древесные растения и промышленная среда. – М.: Наука, 1974. – 125 с.
10. Кулешова Т.Н. Изучение солеустойчивости семян тополя белого // Лесоводство и агролесомелиорация. – Вып.4. – Киев: Урожай, 1965. – С. 256–260.
11. Лесные экосистемы и атмосферное загрязнение/ Под ред. В.А. Алексеева – Л.: Наука, 1990. – 200 с.
12. Лихолат Ю.В. Эколого-физиологические основы формирования дерновых покрытий в условиях степной зоны Украины (устойчивость, динамика, техногенез): Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. – Черновцы: Наука и просвещение, 2003. – 40 с.
13. Махонина Г.И. Химический состав растений на промышленных отвалах Урала. – Свердловск: Изд-во Уральского ун-та, 1987. – 168 с.
14. Тахтаджян А.Л. Система и филогения цветковых растений. – М.; Л.: Наука, 1966. – 600 с.
15. Устойчивость к тяжелым металлам дикорастущих видов / Под ред. Н.В. Алексеевой-Поповой. – Л.: Наука, 1991. – 189 с.
16. Физиология растительных организмов и роль металлов / Под ред. Н.М. Чернавской. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1989. – 150 с.
17. Dassler H.G. Reaktionen von Geholzen auf Immissionen und Schlussfolgerungen für den Anbau. Begründung in Industriegebieten // Ref.d. VII Dendrol. Kongr. soz. Lander 29. Juni bis 3. Juli 1979 in Dresden. KB d. DDR, Graph. Werkst. Zittau. 1981. – S. 31-36.
18. Smith W.H. Air Pollution and Forests. Inveration between Air Contaminants and Forest Ecosystems. – N.Y. e. a.: Springer, 1981. – 381 p.

## ФЕНОТИПИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ЕСТЕСТВЕННОГО ДРЕВОСТОЯ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ ХРЕНОВСКОГО БОРА В ЦЕНТРАЛЬНОМ ЧЕРНОЗЕМЬЕ

М.Н. ЕГОРОВ, *ст. науч. сотр. ФГУП НИИЛГуСа, д-р. с.-х. наук*

Любая популяция как естественно-исторический феномен природы обладает только ей присущими особенностями и, прежде всего, структурированностью, то есть тем или иным количественным соотношением в ней генотипов и фенотипов. Лесная генетика всё ещё значительно отстаёт в изучении одного из главных вопросов – структуры популяций. Несмотря на успехи, достигнутые в изучении структуры популяций многих видов, до настоящего времени недостаточно исследованы генетические закономерности в популяциях лесных древесных растений; не известен уровень фенотипического разнообразия популяций по тем или иным признакам и особенно слабо изучена генетика количественных признаков, сложных и в то же время наиболее ценных с хозяйственной точки зрения [6]. Необходимость и неотложность проведения таких исследований указывается и в ряде других работ [2, 10]. Большинству видов древесных растений свойственен значительный полиморфизм и в связи с этим изучение фенотипического состава и структуры популяций и условий, обеспечивающих их устойчивость, важны для познания направления естественного отбора и принципов оценки особей в целях селекции – при этом появляется возможность более глубокого познания эволюции и объективного выделения внутривидовых категорий [5]. Актуальность и необходимость изучения фенотипов и фенотипической структуры древесных растений, состояния и перспектив развития исследований в этом направлении была ранее отмечена и нами [3, 4].

*Материалы и методы.* Хреновской бор расположен на левобережье реки Битюг, на южной границе лесостепной и степной

зон. По данным палеографии он отнесён к более молодому, чем расположенный севернее его Усманский бор; занимает площадь 31 тыс. га. Пробная площадь заложена в природном спелом сосняке VI кл. возраста в кв. 260 Вислинского лесничества Хреновского лесхоза в типе леса сосняк травяной (С тр.) и типе условий местопроизрастания (ТУМ) – А<sub>2</sub> (свежий бор).

Определённые трудности при изучении древесных растений на генетическом уровне в силу длительности смены поколений и растягивания опытов по направленному скрещиванию и анализу в нескольких поколениях на десятилетия и неотложность проведения селекционных работ на достаточно надёжной генетической основе вынуждают изыскивать новые подходы по реализации программ селекции (достаточно отметить, что генетически изученные виды составляют не более 0,02 % общего числа существующих видов и соответственно популяционно-генетически изученных видов – около 0,007 %, то есть их ничтожно мало [7]). В связи с этим определяющую роль здесь должна сыграть фенетика, основанная на выделении и учёте дискретных альтернативных, наследственно обусловленных признаков-фенов как качественной, так и количественной природы их происхождения и позволяющая с большей точностью при значительно меньших затратах усилий дать представление о том на какие фенотипические группировки «распадается» всё население особей. Именно в широте охвата фенами генотипа – одно из основных преимуществ фенетического подхода в изучении генетической структуры популяций по анализу аллелофонда [8].

В соответствии с методическими принципами данного подхода с каждого учётного дерева на пробной площади был снят комплекс структурных признаков, причём древостой предварительно был «разбит» на три основные категории деревьев по положению их в древостое (господствующие, согосподствующие и угнетённые), в каждой из которых деревья были разбиты на определённые селекционные категории по плотности и архитектонике кроны, строению, толщине и цвету коры, толщине сучьев и очищаемости ствола от сучьев, а также по таксономическому показателю уровня развития « $d_i$ », предложенному [9], и служащему для статистической характеристики множества объектов ( для нашего случая – деревьев). Наряду с этими показателями изучались также объём ствола, общая высота, высота поднятия грубой корки и до первого живого сука, диаметр на высоте груди и диаметр кроны. Экспериментальный материал обрабатывался статистическими методами с использованием ЭВМ [1].

*Результаты и обсуждение.* Результаты анализа стенотипической структуры и продуктивности соснового древостоя по комплексу морфологических признаков деревьев приведены в таблице и могут быть сведены к следующим: группы деревьев в зависимости от тех или иных структурных признаков расположились в определённой последовательности с выявлением достоверности (или недостоверности) различий между ними.

По положению в древостое ранговое расположение деревьев по всем рассматриваемым признакам снижается в последовательности: господствующие, согосподствующие и угнетённые, причём, достоверность их различий для всех трёх категорий доказывается за исключением одной позиции между господствующими и согосподствующими по высоте поднятия грубой корки ( $t_f = 1,2$ ).

По плотности кроны различия достоверны за исключением пяти сравнений ( между деревьями со средней густотой и редкой, кронами по диаметру, высоте поднятия грубой корки и до живого сука и диаметру

кроны ( $t_f = 1,9, 0,2, 1,4$  и  $1,5$ ) а также между особями с густой и редкой кронами по высоте поднятия грубой корки ( $t_f = 1,9$ ).

По архитектонике кроны различия недостоверны между деревьями с яйцевидной и конусовидной кронами по всем рассматриваемым показателям; между особями с яйцевидной и цилиндрической кронами по трём позициям (высоте ствола, поднятия грубом корки и до живого сука –  $t_f = 1,5; 0,5; 1,3$ ); между деревьями с конусовидной и цилиндрической кронами по четырём сравнениям (высоте ствола, поднятия грубой корки и до живого сука и диаметру ствола –  $t_f = 0,6; 1,1; 0,3$  и  $1,8$ ); между особями с цилиндрической и аморфной кронами по одной позиции – высоте до живого сука –  $t_f = 1,9$ ; для всех остальных вариантов достоверность различий подтверждается.

По строению коры лидирующие позиции в основном занимают формы сосны с пластинчатой корой. Недостоверность различий по высоте дерева и до живого сука, а также диаметру кроны выявлена между формами сосны с пластинчатой и пластинчато-чешуйчатой корой ( $t_f = 1,0, 0,5$  и  $1,6$ ) по объёму и диаметру ствола, высоте поднятия грубой корки и диаметру кроны между чешуйчатой и чешуйчато-пластинчатой корой ( $t_f = 1,7; 1,7; 1,4$  и  $1,5$ ); по высоте ствола и до живого сука между особями с чешуйчато-пластинчатой и чешуйчатой корой ( $t_f = 1,9$  и  $0,7$ ) – для всех остальных случаев различия достоверны.

По толщине коры ранговое расположение форм сосен по мере снижения толщины составило последовательность: с толстой, средней толщины и тонкой корой, причём, достоверность их различий проявляется между всеми вариациями сосен.

По цвету коры различия для подавляющего числа сравниваемых вариаций недостоверны за исключением трёх сравнений между особями с желтоватой и желтовато-красноватой корой по объёму ствола, диаметру дерева и кроны ( $t_f = 2,4, 2,9$  и  $3,2$ ); лидирующие позиции по продуктивности занимают особи с желтовато-красноватой корой.

**Фенотипическая характеристика спелого природного древостоя сосны обыкновенной Хреновского бора**

Группы деревьев	Частота, %	Объём ствола, м <sup>3</sup>	Высота, м	Диаметр, см	Высота поднятия грубой корки, м	Высота до живого сука, м	Диаметр кроны, м
<b>По положению в древостое</b>							
а) господствующие	19,0	2,6±0,16	35±0,3	46±1,3	7,5±0,4аб	22±0,6	5,2±0,2
б) согосподствующие	60,3	1,8±0,08	31±0,2	40±0,8	7,0±0,2	20±0,3	4,6±0,1
в) угнетённые	20,7	0,6±0,12	21±1,2	25±2,0	5,0±0,4	13±0,9	2,9±0,3
<b>По плотности кроны</b>							
а) густая	53,7	1,9±0,09	31±0,5	41±0,9	7,2±0,2	20±0,4	4,6±0,1
б) средней густоты	38,0	1,5±0,16	28±0,9	36±1,8 бс	6,0±0,3 бс	17±0,7	4,1±0,2
в) редкая	8,3	0,9±0,24	23±3,1	29±3,3	5,9±0,7 са	15±1,2 сб	3,3±0,4 сб
<b>По строению коры</b>							
а) пластинчатая	44,6	2,1±0,11	32±0,4 аб	43±1,0	7,7±0,3	20±0,4 аб	4,8±0,1 аб
б) пластинчато-чешуйчатая	31,4	1,6±0,12 бс	31±0,6	38±1,3 бс	6,5±0,2 бс	20±0,4	4,5±0,2 бс
в) чешуйчато-пластинчатая	17,4	1,2±0,20	26±1,3	33±2,6	5,8±0,4	16±1,1	3,9±0,4
г) чешуйчатая	6,6	0,4±0,14	19±3,3 дс	20±2,7	2,9±0,3	13±2,9 дс	2,2±0,3
<b>По толщине коры</b>							
а) толстая	43,8	2,1±0,12	32±0,4	43±1,1	7,6±0,3	20±0,4	4,8±0,1
б) средней толщины	43,0	1,5±0,10	30±0,6	37±1,2	6,5±0,2	19±0,5	4,3±0,2
в) тонкая	13,2	0,8±0,25	22±2,1	26±3,3	4,0±0,4	14±1,6	2,9±0,4
<b>По архитектонике кроны</b>							
а) яйцевидная	32,2	2,0±0,13 аб	31±0,5 аб	42±1,3 аб	6,8±0,3 аб	20±0,5 аб	4,9±0,1 аб
б) конусовидная	36,4	1,8±0,13	30±0,8 бс	39±1,5	7,2±0,3 бс	19±0,6 бс	4,6±0,2
в) цилиндрическая	21,5	1,4±0,15	29±1,2 са	35±1,8 сб	6,5±0,4 са	18±1,1 са	3,7±0,2
г) аморфная	9,9	0,6±0,13	22±1,9	24±2,1	4,7±0,5	15±1,3 дс	2,7±0,3
<b>По цвету коры</b>							
а) желтоватая	87,6	1,7±0,09 аб	30±0,6 аб	38±1,0 аб	6,6±0,2 аб	19±0,4 аб	4,3±0,1 аб
б) желтовато-коричневая	8,3	2,0±0,34	31±0,9 бс	40±3,4	6,9±0,8 бс	19±1,5 бс	4,8±0,5
в) желтовато-красноватая	4,1	2,4±0,29 сб	31±0,6 са	47±3,0 сб	8,2±1,7 са	20±0,7 са	5,2±0,3 сб
<b>По толщине сучьев</b>							
а) толстые	19,8	2,5±0,20	30±0,7 аб	47±1,6	7,5±0,4 аб	18±0,7	5,5±0,2
б) средней толщины	56,2	1,8±0,08	31±0,5	40±0,8	7,1±0,2	20±0,4	4,6±0,1
в) тонкие	24,0	0,7±0,11	25±1,4	26±1,6	4,9±0,3	16±1,2 са	2,8±0,2
<b>По очищаемости ствола от сучьев</b>							
а) хорошая	44,6	1,4±0,09 аб	30±0,7 аб	35±1,1 аб	6,7±0,2 аб	20±0,5	4,1±0,1 аб
б) средняя	36,4	1,6±0,16	29±1,1 бс	37±1,9	6,0±0,3	18±0,8 бс	4,2±0,2
в) плохая	19,0	2,4±0,17	30±0,6 са	47±1,5	7,9±0,5	18±0,6 са	5,4±0,2
<b>По показателю уровня развития «d<sub>p</sub>»</b>							
а) лучшие	35,5	2,3±0,08	32±0,3	45±0,8	7,7±0,2аб	20±0,3 аб	5,1±0,1
б) средние	56,2	1,4±0,08	30±1,0	37±1,3	7,1±0,3	19±1,3	4,3±0,3
в) худшие	8,3	0,8±0,07	25±1,0	28±1,2	4,9±0,2	16±0,8	3,2±0,2

Примечание. В таблице приведены лишь недостоверные различия ( $P < 0,95$  и « $t_p$ » < 1,96) между сравниваемыми парами показателей (аб, бс, ас .... и т.д.); для остальных же вариантов анализируемых пар они статистически достоверны.

По толщине сучьев деревья по мере снижения продуктивности расположились в последовательности: с толстыми, средней толщины и тонкими сучьями; достоверность различий между ними доказывается, за исключением трёх сравнений: по общей высоте и высоте поднятия грубой корки между особями с толстыми и средней толщины сучьями ( $t_f = 1.4$  и  $0.8$ ); по высоте до живого сука между деревьями с толстыми и тонкими сучьями ( $t_f = 1.4$ ).

По очищаемости ствола от сучьев по объёму ствола лидерство принадлежит деревьям с плохой очищаемостью, за ними следуют особи со средней и хорошей очищаемостью; по всем анализируемым показателям, за исключением высоты до живого сука ( $t_f = 2,0$ ), различия недостоверны между деревьями с хорошей и средней очищаемостью; для особей с хорошей и плохой очищаемостью различия достоверны за исключением двух показателей: по общей высоте и высоте до живого сука ( $t_f = 0.2$  и  $1.6$ ); между деревьями со средней и плохой очищаемостью различия недостоверны также по этим двум позициям ( $t_f = 1,2$  и  $0.7$ ).

По показателю уровня развития деревьев « $d_i$ » ранговое расположение селекционных категорий выдержано в последовательности: лучшие, средние и худшие деревья; достоверность различий здесь не подтверждается лишь в двух случаях – между лучшими и средними категориями по высоте поднятия грубой корки и до живого сука ( $t_f = 1.7$  и  $0.9$ ); для всех остальных сравниваемых выборок различия достоверны.

Таким образом мы видим, что применение фенетического подхода позволяет всю выборку деревьев чётко расквалифицировать на определённые подмножества-кластеры и выявить перспективные с селекционной точки зрения деревья для их дальнейшего применения, испытания и использования в селекционно-генетическом анализе при отборе хозяйственно-ценных форм и внедрения их в производство (– в частности, при создании постоянной лесосеменной базы на генетико-селекционной основе). Эффективность и результативность данного

подхода в классификации деревьев на определённые группировки по предложенным для анализа признакам и показателям наглядно иллюстрируют и подтверждают итоги исследований. В сформированном спелом природном сосновом древостое бора отчётливо выделяются определённые селекционные категории деревьев как по кроне, коре, сучьям, так и по показателю уровня развития деревьев « $d_i$ », образовав при этом три класса роста и развития – лучшие, средние и худшие.

Закономерности в строении насаждений, выявленные при изучении и анализе внутривидовой изменчивости сосны обыкновенной, необходимо учитывать при проведении лесохозяйственных мероприятий, связанных с отбором высокопродуктивных форм и вырубкой малопродуктивных особей. Реализация данных мероприятий позволит наметить правильную ориентацию в дальнейших исследованиях по созданию базового селекционного задела у сосны обыкновенной как одного из основных лесообразователей страны в будущем.

### Список литературы

1. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов наблюдений). – 4-е изд. – М.: Колос, 1979. – 416 с.
2. Драгавцев В.А. Методы анализа формообразования древесных растений на основе изучения изменчивости черного саксаула / В.А. Драгавцев: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Алма-Ата, 1962. – 31 с.
3. Егоров М.Н. Изучение фенафондов и фенотипической структуры природных и искусственных насаждений древесных растений как назревшая проблема в лесном хозяйстве страны / М.Н. Егоров. Фонетика популяций // Материалы III Всесоюзного совещания 7–8 февраля 1985 г.: Тез. докл. – М., 1985. – С. 64–65.
4. Егоров М.Н. Сосна обыкновенная в природе и культуре (сравнительный биоэкологический анализ) / М.Н. Егоров, НИИЛГиС. – Воронеж, 1994. – 437 с. – Деп. в ВНИИЦлесресурс 21.06.94, № 930 – лх94.
5. Ирошников А.И. Структура популяций хвойных пород южной Сибири / А.И. Ирошников // Тр. ИЭРиЖ УНЦ АН СССР. – 1974. – Вып. 90. – С. 30–35.
6. Петров С.А. Некоторые проблемы генетики популяций древесных растений / С.А. Петров // Тр. ИЭРиЖ УНЦ АН СССР. – 1974. – Вып. 90. – С. 41–45.



7. Яблоков А.В. Фонетика. Эволюция, популяция, признак / А.В. Яблоков. – М.: Наука, 1960. – 136 с.
8. Яблоков А.В., Ларина Н.И. Введение в фенетику популяций. Новый подход к изучению природных популяций / А.В. Яблоков, Н.И. Дарина. – М.: Высшая школа, 1985. – 160 с.
9. Hellwig Z. Zastosowanie metody taksonomicznej do typologicznego podzisu krajow ze wzgledu na poziom ich rozwoju i strukture wy-kwalifikowanych kadr. – Przegląd Statystyczny, 1968, № 4.
10. Sokolowski S. Prace biometryczne rtaad raaami sosny zwyczajnej (*Pinus silvestris*) na ziemiach Polski. Polska Akad. Umiejtno-sci, Krakow, 1931.

## ПОЧВЫ ПОЙМЕННЫХ ЛЕСОВ НЕЧЕРНОЗЕМЬЯ

Л.Б. ВОСТОКОВА, *ст. науч. сотр. фак. почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова, канд. биол. наук*,  
 Н.Г. ШИШКИНА, *доц. каф. почвоведения МГУЛа, канд. биол. наук*,  
 П.Н. БАЛАБКО, *зав. каф. земледелия МГУ им. М.В. Ломоносова. д-р биол. наук*

Долины и поймы рек лесной зоны в прошлом почти все были покрыты лесной растительностью. Но человек в первую очередь осваивал именно эти территории, вырубая леса и превращая поймы в сельскохозяйственные угодья (сенокосы и пастбища). Леса с пойменных территорий постепенно отступали и теперь сохранились преимущественно лишь там, где почвы были непригодны для сельскохозяйственного освоения – прирусловые валы, заболоченные участки центральной поймы и притеррасье. Лишь в немногих местах в долинах и поймах рек сохранилась первоначальная лесная растительность.

Леса в поймах и долинах рек выполняют гидрологическую, водоохранную, водорегулирующую и почвозащитную роль.

Тем не менее большинство работ, посвященных изучению условий почвообразования в поймах рек, свойств пойменных почв, их генезиса и классификации, относится в основном к пойменным территориям, утратившим первоначальную лесную растительность и значительно измененных деятельностью человека, утратив ряд черт первичного почвообразовательного процесса.

Изучение пойменных почв под лесной растительностью имеет важное значение для понимания процессов генезиса и эволюции пойменных почв, для оценки почвенных условий, обеспечивающих наибольшую продуктивность различных древостоев и из-

менение тех свойств почв, которые ограничивают рост и развитие древесных пород. Это имеет важное значение для оценки лесорастительных условий при закладке лесных насаждений в долинах и поймах рек, при проектировании типов лесных культур, отвечающих природным и почвенным условиям в поймах.

В работе приводятся результаты изучения пойменных почв под лесной растительностью в некоторых регионах южнотаежной подзоны Нечерноземья по собственным исследованиям авторов, и частично, по литературным материалам.

Формирование пойменных почв происходит под воздействием двух групп процессов: поемно-аллювиальных и почвообразовательных.

Под влиянием почвообразовательных процессов в поймах: дернового, лугового и болотного [3] формируются дерновые, луговые и болотные почвы. Различное проявление основного и сопутствующих процессов приводит к формированию лугово-болотных и дерново-луговых почв. Действие поемно-аллювиальных процессов определяет степень гидроморфизма, гранулометрический, петрографический, биолитный состав почв, их гумусное и кислотное состояние. Эти процессы по-разному проявляются не только на зонально-подзональном уровне, но и в пределах одной почвенной подзоны.

Цель данной работы – сравнительная характеристика пойменных почв южнотаежной подзоны под лесной растительностью бассейна Днепра (средняя Десна, западная часть Нечерноземья) и бассейна Волги (Клязьма и ее притоки, центральное Нечерноземье), левобережные притоки Волги (восточная часть Нечерноземья).

Долина и пойма средней Десны проходят по зандровым полесским низменным равнинам, сложенным древнеаллювиальными и водно-ледниковыми песками. Долина Десны достигает здесь ширины 35-45 км, с большой глубиной вреза и наличием надпойменных и пойменных террас; ширина самой поймы достигает 6 км. Пойма Десны относится к группе сегменто-гривистых пойм, наибольшую часть территории занимает центральная пойма и хорошо выраженная прирусловая, притеррасная же часть выражена слабо и занимает небольшую часть поймы. Правый берег крутой, высокий (Придеснянская возвышенность), левый – низкий, широкий [8].

Район средней Десны расположен между южной границей умеренно-теплой зоны достаточного увлажнения и северной границей теплой зоны неустойчивого увлажнения в полосе оптимума природной биологической продуктивности по климатическим показателям: сумма  $t > 10^{\circ}\text{C} = 2375^{\circ}\text{C}$ , сумма осадков около 500 мм/год, испарение – 375 мм/год.

Естественная древесная растительность носит переходный характер от таежных хвойных к широколиственным лесам – это сосновые, сосново-широколиственные, елово-широколиственные леса, отличающиеся большим видовым разнообразием лесных пород. В прошлом пойма Десны также была покрыта дубравами и смешанными лесами, которые теперь сохранились лишь на высоких гривах центральной поймы, пойменных террасах и в прирусье. Межгривные понижения и местами притеррасье заняты ивняками и черной ольхой. К пойменным песчаным террасам приурочены чистые сосняки с примесью лиственных пород. На террасах и пойме правобережья

встречаются чистые дубравы, сосновые боры, подборовые дубравы и дубняки. В настоящее время на высокой террасе и гривах центральной поймы произрастают искусственные посадки сосны обыкновенной (30 лет) с подростом из березы, дуба и сосны и подлеском из крушины и раkitника; березы в возрасте 30-45 лет, с подростом из березы и сосны, с богатым подлеском и травянистым покровом [7].

На склонах террас и вершинах грив встречаются сосновые боры с подростом из рябины, березы, осины, с подлеском из крушины, березы, раkitника, малины.

На широкой левобережной пойме множество стариц и протоков образуют многочисленные острова, представляющие собой разновозрастные участки с различными аллювиальными почвами и наличием древесно-кустарниковой растительности и луговыми фитоценозами [10]. Как естественные, так и искусственные леса в пойме приурочены к аллювиальным дерновым почвам.

Лесозащитные насаждения в пойме приурочены к песчаным гривам с дерновыми маломощными и слаборазвитыми почвами, ежегодно затопляемыми «светлыми» быстротекущими водами с минимальным содержанием илистых частиц и являющимися наименее плодородными и наиболее подверженными эрозионным процессам, которые в пойме Десны имеют значительное развитие. Эти почвы характеризуются легким гранулометрическим составом всех почвенных горизонтов, слабой дифференциацией профиля на генетические горизонты, рыхлым макро- и микросложением, преобладанием неагрегированного материала, наличием грубого гумуса, отсутствием признаков подвижности почвенной плазмы и ее локальной концентрации в порах и основе. Они обеднены гумусом и элементами питания растений, имеют сильноокислую реакцию среды [9].

Аллювиальные дерновые почвы под естественной лесной растительностью на пойменных террасах в настоящее время не заливаются паводковыми водами и приобретают уже черты зонального почвообразова-

ния: наличие оподзоленного горизонта, значительная дифференциация профиля с выделением А<sub>2</sub> и В-горизонтов, сильноокислая реакция, бедность элементами питания растений, но в то же время носят черты пойменного почвообразования: большая прогумусированность, лучшая оструктуренность, большее содержание гумуса. В табл. 1 приведены основные показатели физико-химических свойств почв под лесной растительностью в пойме Десны.

Из таблицы следует, что пойменные дерновые слоистые и слабообразованные песчаные и супесчаные почвы на песках отличаются низким естественным плодородием, что и подтверждается низкими таксационными показателями лесных насаждений в пойме по сравнению с естественными лесами на террасах и водоразделе [7].

Пойменные почвы под лесной растительностью исследовались на всем протяже-

нии долины Клязьмы в районах верхнего, среднего и нижнего течения.

Чашниковское расширение р. Клязьмы – район неразвитой поймы верховьев. Долина Клязьмы разработана здесь очень слабо. Однако в районе Чашниково пойма Клязьмы образует обширное расширение, где русло реки проходит через древнеозерную заторфованную котловину, где мощный слой торфяника (3–4 м) перекрыт сверху небольшим по мощности слоем аллювия. Ширина поймы здесь достигает 1,5 км и выражена в основном в правобережье. Прирусловый вал узкий, прерывистый, шириной 10–25 м, имеет незначительное превышение над поймой, выделяется главным образом по составу аллювия. Центральная пойма равнинная, выражена не отчетливо. Наиболее выражена притеррасная пойма, сложная по своему строению, местами перекрытая делювием, с наклоном к центральной пойме, с заболоченными участками сероолипанников [5].

Т а б л и ц а 1

**Физико-химические свойства почв долины средней Десны**

Почвы	Горизонт, глубина, см	pH <sub>ккл</sub>	Содержание гумуса %	Сумма Са + Mg мг-экв /100г почвы	Гидролитическая кислотность мг-экв/100г почвы	Степень насыщенности основаниями, %	Подвижные		Азот, легко гидролизуемый мг/100 г почвы	Сумма частиц > 0,01 мм
							P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> мг/100г почвы	K <sub>2</sub> O мг/100г почвы		
Ал.дерновая супесчаная на песках под посадками березы	А <sub>д</sub> 0 – 18	4,4	0,63	10,0	2,8	78,0	1,4	10,0	0,07	84,4
	АВ 18 – 27	4,6	0,55	4,0	1,25	76,0	1,5	8,8	0,07	90,1
	Сл.1 27 – 62	4,9	0,18	4,0	2,22	64,0	2,3	6,4	0,02	87,0
	Сл.2 62 – 105	6,5	0,17	2,0	0,70	74,0	2,5	12,8	0,02	96,3
Ал. дерновая маломощная песчаная на песках; посадки сосны	А <sub>д</sub> 0 – 6	3,9	0,85	6,0	4,90	55,0	1,5	8,8	следы	90,0
	АВ 6 – 13	4,6	0,34	4,0	1,92	67,6	1,4	9,2	0,04	91,9
	Сл.1 13 – 28	4,7	0,07	4,0	1,23	76,5	2,0	8,8	нет	96,2
	Сл.2 28 – 47	4,6	0,11	6,0	1,57	79,3	1,6	10,0	нет	90,7
Ал. дерново – слабоподзолистая супесчаная на песках; сосновый бор	А <sub>д</sub> 0 – 5	3,7	5,88	8,0	7,18	52,7	1,8	16,4	нет	79,7
	А <sub>1</sub> А <sub>2</sub> 5 – 10	3,9	2,09	6,0	5,07	54,2	2,0	10,0	нет	86,3
	В 10 – 34	4,4	0,52	2,0	2,45	45,0	1,5	11,2	0,05	93,1
	ВС 34 – 58	4,7	0,14	2,0	1,40	58,8	2,6	9,2	0,07	94,3
Дерновая глубокоподзолистая супесчаная; дубовый лес. Надпойменная терраса	С 58 – 149	5,1	0,07	2,0	0,70	74,0	1,3	8,8	0,01	97,6
	А <sub>д</sub> А <sub>1</sub> 0 – 19	3,5	2,52	4,0	8,57	32,0	1,7	7,2	следы	80,6
	А <sub>1</sub> А <sub>2</sub> 19 – 27	3,9	0,68	2,0	5,08	28,2	1,6	7,2	0,09	92,7
	А <sub>2</sub> В 27 – 35	4,3	0,26	4,0	2,28	63,7	2,3	11,2	нет	87,8
В 35 – 60	4,6	0,34	4,0	2,27	63,8	2,2	7,2	нет	89,8	

Количество осадков 500–550 мм/год, сумма  $t > 10\text{ }^{\circ}\text{C}$  1800–1900  $^{\circ}\text{C}$ . Лесная растительность занимает значительную часть территории поймы. В приустьевье – это смешанный елово – березовый лес с подлеском из черемухи, рябины, бузины и участки осинников с примесью серой ольхи. Притеррасная пойма покрыта березняками на торфах с примесью ели и осины, местами ольшаниками. На незаливаемых останцах центральной поймы сохранились местами елово-дубовые леса; малиново-крапивные сероольпаники, которые являются специфической особенностью рас-

тительного покрова Чашниковской поймы [5]. Они располагаются узкой полосой по наиболее низким участкам приустьевья [4].

Почвы под лесной растительностью приурочены в основном к приустьевой и притеррасной поймам. Приустьевье характеризуется развитием почв преимущественно дернового типа почвообразования, формирующихся на илистом аллювии, переслаиваемым песком и супесью, иногда средним суглинком, часто с погребенными оторфованными горизонтами. Дерновые почвы приустьевья хорошо дренированы.

Т а б л и ц а 2

**Агрохимические свойства пойменных почв верхнего течения Клязьмы под лесной растительностью**

Почва	Горизонт	Глубина взятия образца, см	Гумус по Тюрину, %	Азот валовый, %	pH <sub>кел</sub>	Гидролитическая кислотность, мг-экв/100 г почвы	Сумма обменных оснований, мг-экв/100 г почвы	Степень насыщенности основаниями, %	Подвижные	
									P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> мг/100 г почвы	K <sub>2</sub> O мг/100 г почвы
Дерново-подзолистая легкосуглинистая на аллювии	A <sub>0</sub>	0 – 5	9,88	0,15	4,0	16,10	3,21	16,62	3,5	2,25
	A <sub>1</sub>	6 – 16	4,46	0,15	3,8	17,67	1,82	9,34	2,7	1,0
	A <sub>1</sub> A <sub>2</sub>	19 – 29	2,20	0,17	4,0	16,62	0,95	5,41	2,1	0,45
	A <sub>2</sub>	35 – 45	2,25	0,19	3,2	15,22	1,42	8,53	6,0	1,8
	A <sub>2</sub> B <sub>1</sub>	54 – 64	1,41	0,11	4,1	12,48	1,81	12,67	5,2	1,75
	B <sub>2</sub>	73 – 83	1,04	0,12	3,8	11,55	2,94	15,90	8,0	1,8
	B <sub>3</sub>	91 – 101	0,42	0,22	4,2	8,57	3,97	31,66	5,0	1,75
	BC <sub>g</sub>	119 – 129	1,25	0,25	4Д	11,37	5Д5	31,17	5,5	2,75
	C <sub>g</sub> <sup>1</sup>	139 – 149	–	–	4,2	9,54	4,02	29,65	3,7	1,6
	C <sub>g</sub>	154 – 164	–	–	4,6	7,00	4,79	40,63	5Д	2,23
		170 – 180	–	–	4,3	5,59	4,64	44,92	4,5	1,93
Пойменная торфяная среднечеткая на делювиальных отложениях	A <sub>дТ</sub>	0 – 8	33 <sup>x</sup>	–	5,6	5,91	12,56	68,00	0,6	18,0
	T <sub>1</sub>	18 – 28	25 <sup>x</sup>	–	5,6	6,44	19,15	74,83	3,2	11,0
	T <sub>2</sub>	44 – 54	14 <sup>x</sup>	–	5,7	3,11	23,68	88,39	2,8	6,4
	T <sub>3</sub>	67 – 77	22 <sup>x</sup>	–	5,9	9,64	15,28	85,27	4,6	6,2
	G <sub>1</sub>	94 – 104	–	–	7,2	0,26	12,32	97,93	7,0	1,28
	G <sub>2</sub>	120 – 130	–	–	7,4	0,35	12,38	97,25	9,0	1,6
Пойменная болотная перегнойно-железисто-глеевая среднесуглинистая	A <sub>d</sub>	0 – 5	13,08	0,52	6,2	4,11	12,34	75,02	14,8	4,5
	A <sub>1</sub>	7 – 17	7,14	0,49	6,3	4,92	12,01	70,94	14,5	1,6
	A <sub>1gFe</sub>	20 – 30	2,83	0,29	6,5	1,05	11,26	91,47	14,0	1,35
	G	62 – 72	5,78	0,13	6,8	0,70	6,23	89,89	8,0	1,6
Дерново-подзолистая на моренных отложениях	A <sub>1</sub>	0 – 10	7,27	0,25	4,2	10,97	2,05	15,75	2,5	1,78
	A <sub>2</sub>	12 – 22	2,90	0,24	4,0	9,16	1,88	17,03	4,0	1,0
	B	30 – 40	1,56	0,03	4,2	7,15	1,20	14,37	1,0	1,0
	C	68 – 78	0,15	0,01	4,4	6,36	1,68	18,81	9,0	1,6

<sup>x</sup> – потеря от прокаливания

На приусловом валу и останцах центральной поймы под лесами сформировались почвы подзолистого типа почвообразования – пойменные дерново-подзолистые [3]. Эти почвы несут отчетливые следы текстурной дифференциации профиля, которая определяется сочетанием целого ряда элементарных почвообразовательных процессов, главными из которых являются дерновый (наличие хорошо выраженного горизонта А) и подзолистый (хорошо выраженный горизонт А2 и достаточно заметный горизонт В), а также процесс оглеения (следы оглеения с глубины 1 м, обилие марганцово-железистых конкреций по всему профилю). Действие этих процессов и приводит к формированию аллювиальных дерново-подзолистых глубокооглеенных почв.

Эти почвы содержат большое количество гумуса (табл. 2) с постепенным его падением по профилю; реакция почв сильнокислая по всему профилю, высокая гидролитическая кислотность верхних горизонтов несколько снижается с глубиной; сумма обменных оснований очень мала, соответственно, мала и степень насыщенности почв основаниями. Почвы обеднены подвижными элементами питания растений (см. табл. 2).

В притеррасной пойме под лесной растительностью распространены почвы болотного типа почвообразования – аллювиальные болотные перегнойно-железисто-глеевые на аллювиально-делювиальных отложениях, представленные горизонтами  $A_d - a_1 - A_{1gFe} - G$ . Эти почвы характеризуются сильной переувлажненностью профиля (грунтовые воды на глубине выше 1 м), высоким содержанием гумуса, слабокислой реакцией, значительной гидролитической кислотностью верхних горизонтов, высокой насыщенностью основаниями, что связано с подпиткой жесткими грунтовыми водами (см. табл. 2), высоким содержанием валового азота, высоким биогенным накоплением Fe, Al, Ca, Mg, Mn, P и S; все верхние горизонты обогащены окислами железа, в силу гидрогенной аккумуляции и частой смены окислительно-восстановительных условий, большими запасами питательных элементов [6].

Наибольшим распространением под лесной растительностью в пойме отличаются аллювиальные болотные почвы. Генетический профиль этих почв представлен серией оторфованных горизонтов разной мощности и степени разложенности, подстилаемых глеевым горизонтом. Торф преимущественно древесно-осоковый, реже древесный, древесно-тростниковый с остатками неразложившихся стволов деревьев, коры.

Слои торфа переслаиваются прослоями иловатого суглинка, часто с прослоями вивианита, иногда скопления известкового туфа; везде в торфах наблюдается оруденение, железистые прослойки и различные по форме Fe-Mn конкреции.

Торф характеризуется высокой зольностью (до 86 %), высокой насыщенностью основаниями (см. табл. 2).

В районе среднего течения пойма р. Клязьмы приобретает черты развитой сегменто-гривистой поймы, где долина реки имеет четко выраженное асимметричное строение [1]: высокий крутой правый берег и низкий левый, сложенный песчаными боровыми террасами, где хорошо выражено приусловье в виде высоких песчаных грив; центральная пойма также представлена песчаными гривами, но менее высокими и более пологими, сверху прикрытыми суглинистым аллювием.

Большая часть поймы среднего течения р. Клязьмы покрыта лесами, преимущественно поемными дубравами. Приусловые дубравы имеют парковый вид – куртины мощных раскидистых дубов с луговинами. Почвы под дубравами преимущественно дерновые, дерново-лесные [1], отличающиеся достаточно прочной зернистой структурой, мощным дерновым горизонтом (> 30 см), с высоким содержанием гумуса, суммы обменных оснований, слабокислые, довольно хорошо обеспечены подвижными элементами питания (табл. 3).

Вершины и склоны плоских грив центральной поймы также покрыты лесной растительностью, в основном это дубравы на дерново-луговых почвах (дерново-луголесные [1]), сходные с дерновыми, но с ха-

рактными признаками луговых почв в виде оглеения нижней части профиля (охристые пятна, примазки и ортштейны в горизонте В). Эти почвы имеют более мощные гумусовые горизонты, более тяжелый механический состав верхней части профиля, содержат больше гумуса и питательных веществ (см. табл. 3) и отличаются более четко выраженной зернистой водопрочной структурой [1].

Дельтоподобная пойма нижнего течения р. Клязьмы прорезает Балахнинскую низменность. Река образует здесь широкую пойму со множеством рукавов, стариц, среди которых много повышенных незатопляемых плоских участков, вышедших из режима поемности и останцов второй надпойменной террасы.

Территория поймы здесь сильно облесена. В основном – это березняки, видимо, вторичного происхождения, с примесью осины и дуба. Почвы под лесной растительностью дерновые слабоподзолистые, где оподзоленность проявляется в белесоватых и палевых пятнах в нижней части дернового горизонта и ясной листовато-пластинчатой структурой. Ниже идет горизонт В – желто-бурый, уплотненный, слабоореховатый, который сменяется аллювиальным песком. Почвы характеризуются значительной гумусирован-

ностью, очень кислой реакцией и низкой насыщенностью основаниями (табл. 4).

Кроме дерновых слабоподзоленных почв под лесной растительностью встречаются почвы с достаточно хорошо развитым подзолистым горизонтом, что вместе с данными механического и валового анализов (минимум фракции ила, кальция, магния, алюминия в горизонте А2) подтверждают их принадлежность к дерново-подзолистым почвам. Такие почвы чаще всего встречаются под поемными березняками, осинниками, дубняками и смешанными насаждениями с участием сосны на плоских возвышенных участках центральной поймы. На этих участках, вышедших или почти вышедших из режима поемности и аллювиальности, условия почвообразования приближаются к зональным – под влиянием древесной растительности и зональных климатических факторов главным становится подзолообразовательный процесс, который будет накладываться на ранее сформировавшуюся дерновую почву. Они характеризуются достаточно высоким содержанием гумуса и азота, кислой реакцией, низкой суммой обменных катионов, высокой гидролитической кислотностью, низким содержанием элементов питания (табл. 4).

Т а б л и ц а 3

**Химические свойства пойменных почв долины средней Клязьмы**

Название почвы, местоположение	Горизонт, глубина, см	Гумус, %	Азот, %	рН		Сумма обм. кат., мг-экв/100г почвы	Гидролитическая кислотность, мг-экв	V – степень насыщенности, %	Подвижные формы, мг/100 г почвы		
				водный	солевой				N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Дерново-лесная. Княгинкино Ковровского района.	А3 – 13	6,84	0,56	5,4	4,9	–	–	–	–	–	–
	АВ 27 – 34	0,94	0,08	5,9	4,3	–	–	–	–	–	–
	В 44 – 54	0,61	–	5,3	4,0	22,81	11,74	66,02	13,60	8,55	11,10
	С 70 – 80	–	–	–	–	7,37	6,56	52,91	9,01	1,59	2,22
Дерново-лугово-лесная. Там же	А <sub>0</sub> 0–10	9,02	0,48	5,2	3,7	23,9	0,59	97,6	–	–	–
	А <sub>1</sub> 10–20	3,42	0,43	5,0	3,5	–	–	–	–	–	–
	В <sub>1</sub> 25–35	3,48	–	4,8	3,4	27,24	18,18	60	18,1	1,24	6,18
	В <sub>2</sub> 50–60	1,63	–	4,8	3,5	16,50	22,29	43	–	–	–
	С <sub>1</sub> 80–90	–	–	4,7	3,5	–	–	–	–	–	–
С <sub>2</sub> 135–145	–	–	4,7	3,5	–	–	–	–	–	–	

**Химические свойства пойменных почв нижней Клязьмы**

Название почвы, местоположение	Горизонт, глубина, см	Гумус, %	Азот, %	pH		Сумма обм. кат., мг-экв/100 г почвы	Гидролитическая кислотность, мг-экв	V – степень насыщенности, %	Подвижные формы, мг/100 г почвы		
				водный	солевой				N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Дерново-подзолистая	A <sub>3</sub> – 13	4,27	0,27	5,2	4,4	7,14	7,17	49,8	9,0	1,0	4,8
	A <sub>2</sub> 16 – 26	1,02	0,10	5,6	4,2	5,78	4,15	58,2	8,2	0,7	1,3
	B <sub>1</sub> 31 – 41	0,64	–	5,8	4,1	7,12	3,66	66,0	–	–	–
	B <sub>2</sub> 45 – 55	–	–	5,8	4,1	–	–	–	–	–	–
Пойменная серая лесная	A 4 – 14	5,64	0,39	5,3	4,3	19,9	9,82	60,9	14,1	–	–
	AA <sub>2</sub> 22 – 32	2,20	0,21	5,2	3,9	9,9	10,27	49,1	9,3	–	–
	B <sub>1</sub> 56 – 64	0,47	–	5,4	3,9	10,9	6,76	61,6	–	–	–
	B <sub>2</sub> 80 – 90	–	–	5,2	4,2	–	–	–	–	–	–
Дерново-подзолистая	A <sub>1</sub> 4 – 10	4,56	0,27	5,2	3,9	2,98	8,79	25,3	–	–	–
	A <sub>2</sub> 13 – 18	3,11	0,15	5,2	4,2	1,40	5,21	21,1	–	–	–
	B <sub>1</sub> 22 – 32	1,30	–	5,2	4,3	0,48	3,86	11,0	–	–	–
	B <sub>2</sub> 52 – 64	–	–	5,1	4,1	–	–	–	–	–	–

На небольших участках пойменных дубрав с резко ослабленной поемностью формируются почвы типа серых лесных. Это – орешниково-снытьевые дубравы и пойменные перелески из дуба, березы, осины, сосны среди осухожденных поемных лугов, с подлеском из орешника и хорошо развитым травяным покровом из типичного дубравного широколиственного с преобладанием сныти [2].

Морфологический профиль почвы – буровато-серые тона, комковато-зернистая структура, тяжелый механический состав, глубокая гумусовая прокраска, отсутствие хорошо выраженных признаков оподзоленности – позволяют отнести эти почвы к типу серых лесных. Об этом же свидетельствуют и физико-химические свойства почв, по сравнению с дерново-подзолистыми, эти почвы содержат больше гумуса, имеют более высокую емкость поглощения и степень насыщенности основаниями (см. табл. 4).

Несмотря на систематические вырубки клязьминских поемных лесов в течение многих веков, лес в пойме Клязьмы и сейчас занимает > 50 % ее территории. Это говорит

об исключительно благоприятных условиях возобновления леса в пойме Клязьмы.

Поймы рек левых притоков Волги на территории восточной части южно-таежной подзоны центрального Нечерноземья почти сплошь покрыты лесами. Пойменные дубравы господствуют здесь полностью как на прирусловье, так и в центральной пойме, лишь в притеррасье сменяясь ольшаниками. На самых высоких участках поймы, вышедших из режима поемности, распространены дубняки с примесью ели, иногда чисто хвойные ельники-пихтарники.

На прирусловых валах господствует дубовый лес с примесью липы, вяза, березы, осокоря и ветлы, с густым подлеском и травяным покровом из крапивы, таволги, папоротника. Здесь формируются дерновые (дерново-лесные, [2]) легкосуглинистые почвы с четко выраженным дерновым горизонтом, с зернистой структурой, но небольшой мощности. Горизонт В также небольшой мощности (до 40 см), среднесуглинистый, комковатый, ниже подстилается слоистым песком с признаками оглеения. Почвы слабокислые, насыщенные основаниями, хорошо гумусированные (табл. 5).

Химические свойства пойменных почв левых притоков Волги

Почва	Горизонт, глубина, см	Гигр. влажность, %	рН		Сумма поглощенных оснований мг-экв/100г почвы	Гидролитическая кислотность мг-экв/100г почвы	Степень насыщенности основаниями, %	Перегной, %	Азот, %	Подвижное Fe, %
			водный	солевой						
Дерново-лесная легкосуглинистая почва центральной поймы	A <sub>1</sub> 5 – 10	4,87	6,4	5,4	32,8	5,5	85	6,66	0,25	2,68
	B 20 – 30	1,50	6,0	4,9	16,2	2,7	95	0,87	0,09	2,48
	C 80 – 90	0,30	6,6	5,3	–	–	–	–	–	0,74
Дерново-лугово-лесная суглинистая почва центральной поймы	A <sub>1</sub> 4–14	8,90	6,4	5,3	47,0	7,7	86	7,90	0,48	0,63
	B <sub>1</sub> 10–20	5,97	6,3	5,4	33,4	5,3	86	1,56	0,14	6,22
	B <sub>2</sub> 40 – 50	6,73	5,7	3,8	31,0	9,0	77	0,47	–	3,90
	B <sub>3</sub> 70 – 80	4,78	–	–	–	–	–	–	–	1,65
Пойменная подзолистая тяжелосуглинистая почва центральной поймы	A <sub>0</sub> A <sub>1</sub> 2–6	10,50	6,3	5,3	–	–	–	48,07 <sub>x</sub>	1,64	2,27
	A <sub>1</sub> A <sub>2</sub> 10–20	2,88	5,7	4,0	15,5	7,0	69	1,01	0,10	2,91
	A <sub>2</sub> 25–35	2,64	5,6	4,0	11,2	4,7	70	0,26	–	4,51
	B <sub>1</sub> 45–55	3,48	5,6	3,7	17,7	–	–	0,33	–	1,65
	B <sub>2</sub> 70–80	1,72	6,0	4,7	–	–	–	–	–	0,65
	C 150–155	0,36	6,6	5,8	–	–	–	–	–	–

На повышенных участках центральной поймы под сложными дубняками, где в первом ярусе господствуют мощные прямоствольные дубы, во втором – дуб и липа; в подросте – липа, дуб, вяз, береза, в подлеске – крушина ломкая, жимолость, бересклет, в травяном покрове – сныть, крапива, ландыш, хвощ лесной, формируются дерново-лугово-лесные почвы [2].

Для этих почв характерен небольшой мощности, но темноокрашенный с зернистой структурой и копролитами тяжелосуглинистый гумусовый горизонт; довольно мощный переходный горизонт, неоднородный по окраске, желто-бурый, тяжелосуглинистый, в нижней части с признаками оглеения, подстилаемый песком. Почвы богаты гумусом, слабокислые, насыщенные основаниями (см. табл. 5).

На более низких участках центральной поймы под дубняками с примесью липы, клена, осины формируются лугово-лесные тяжелосуглинистые почвы, характеризующиеся большей гумусностью и хорошо вы-

раженными признаками оглеения в нижней части профиля.

На самых высоких участках центральной поймы, полностью вышедших из режима поемности, формируются почвы подзолистого типа почвообразования под елово-пихтовыми лесами с примесью дуба и липы.

В профиле этих почв четко выделяется подзолистый горизонт, иллювиальный горизонт В, на глубине 1 м переходящий в слоистые оглеенные пески. Почвы содержат мало гумуса, кислые (см. табл. 5).

В притеррасье на перегнойно-железисто-глеевых почвах распространены ольшаники с примесью дуба, березы и ели с осокой, папоротником и крапивой в травяном покрове. По своим химическим свойствам эти почвы мало отличаются от аналогичных почв верховьев р. Клязьмы. Все сказанное относится к большинству пойменных почв левобережных притоков Волги, протекающих по обширной Марийской низменности.



Таким образом, рассмотренные морфологические признаки и физико-химические свойства пойменных почв под лесной растительностью дают возможность обнаружить их особенности, обусловленные влиянием лесной растительности на процессы почвообразования в пойме: меньшая мощность гумусовых горизонтов, иное распределение гумуса по профилю (более резкое падение с глубиной), большое количество дождевых червей, прочная зернистая структура. Тяжелый механический состав аллювия в центральной пойме является следствием задержки лесной растительностью легкого по механическому составу аллювия в приустьевье, благодаря этому облепленные поймы имеют почвы преимущественно тяжелого механического состава.

Почвы отличаются слабокислой и нейтральной реакцией, значительным содержанием поглощенных оснований, высокой насыщенностью основаниями, высоким содержанием гумуса (кроме дерново-подзолистых), азота.

Пойменные дерново-подзолистые, почвы, хотя и развиваются в настоящее время по типу зональных почв, но целый ряд признаков указывает на их пойменное происхождение – обилие железистых конкреций в верхней части профиля, высокое содержание подвижного железа, высокая для подзолистых почв насыщенность основаниями. Но в то же время ряд признаков сближает их с почвами подзолистого типа почвообразования: бедность гумусом и азотом, высокая гидролитическая кислотность, обедненность горизонта А<sub>2</sub> полуторными окислами и обогащение его кремнекислотой. Таким образом, пойменные дерново-подзолистые почвы по своим свойствам занимают промежуточное положение между типичными пойменными и типичными зональными почвами водоразделов.

Проведенные исследования дали возможность проследить изменение лесорастительных свойств пойменных почв не только

в пределах каждой поймы, но и разных пойм южно-таежной подзоны в связи с переходом от Белорусской провинции дерново-подзолистых слабогумусированных почв и низинных болот к Среднерусской провинции дерново-подзолистых среднегумусированных почв, где провинциальные особенности почвообразования (климатические, геологические, гидрологические, геоморфологические, растительность) накладывают свой отпечаток на формирование почвенного покрова пойм подзоны южной тайги.

### Список литературы

1. Добровольский Г.В., Лобутев А.П. Почвы поймы Клязьмы: Сб. Пойменные почвы Русской равнины. – М.: МГУ, 1962. – Вып. 1.
2. Добровольский Г.В., Якушевская И.В., Алешукин Л.В., и др. Пойменные лесные почвы Марийского Заволжья: Сб. Пойменные почвы Русской равнины. – М.: МГУ, 1963. – Вып. 2.
3. Добровольский Г.В. Почвы речных пойм центра Русской равнины. – М.: МГУ, 1968.
4. Шишкина Н.Г., Востокова Л.Б., Терешина Т.В. К вопросу изучения пойменных почв южно-таежной подзоны // Науч. тр. / МЛТИ: Вопросы лесовыращивания и рационального лесопользования. – 1985. – Вып. 167.
5. Почвенно-агрономическая характеристика АБС «Чашниково». – М.: МГУ, 1986.
6. Почвенно-агрономическая характеристика АБС «Чашниково». – М.: МГУ, 1988.
7. Шишкина Н.Г., Востокова Л.Б., Балабко П.Н., и др. Лесорастительные свойства почв долины реки Десны // Науч. тр. МГУЛ: Лесопользование и воспроизводство лесных ресурсов. – 1994. – Вып. 275.
8. Шишкина Н.Г., Востокова Л.Б. Особенности состояния и использования пойменных почв Деснинского полесья // Науч. тр. МГУЛ: Лесопользование и воспроизводство лесных ресурсов. – 1997. – Вып. 286.
9. Шишкина Н.Г., Востокова Л.Б., Балабко П.Н. Почвенно-экологическая оценка и бонитировка почв лесных насаждений в долине р. Десны // Науч. тр. / МГУЛ: Лесопользование и воспроизводство лесных ресурсов. – 1998. – Вып. 297.
10. Шишкина Н.Г., Востокова Л.Б., Балабко П.Н., и др. Почвы островных экосистем долины р. Десны лесной зоны, особенности их формирования и использования // Науч. тр. / МГУЛ. – 2000. – Вып. 303.

## СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СКОРОСТИ ФЕРМЕНТАТИВНЫХ РЕАКЦИЙ В ПОЧВАХ

Г.Н. ФЕДОТОВ, доц. МГУЛа, канд. хим. наук,

А.Д. НЕКЛЮДОВ, зав. каф. химии и биотехнологии лесного комплекса МГУЛа, проф.,  
д-р хим. наук,

Е.И. ПАХОМОВ, студент МГУЛа

Исследования различных авторов показали, что слабые электрические токи при непрерывном воздействии на почвы стимулируют развитие и активность почвенных микроорганизмов [1-3]. Электризация почвы и компостов способствует увеличению биомассы микробов, вносит изменение в их видовой состав, повышает аммонифицирующую, нитрифицирующую и азотофиксирующую активность почвы, усиливает образование подвижной фосфорной кислоты, активизирует минерализационные процессы и продуцирование углекислоты почвой. Все это положительно сказывалось на растениях, произрастающих на электризуемой почве: повышалась всхожесть и энергия прорастания семян, ускорялся рост и развитие растений, увеличивался урожай сельскохозяйственных культур.

Можно предположить, что воздействие токов на почвы увеличивает скорость ферментативных реакций, что, возможно, и является триггером процесса увеличения биологической активности почвы. Увеличивается количество питательных веществ, за этим следует возрастание численности микроорганизмов, которые, выделяя ферменты в почву, увеличивают там их концентрацию.

В почве представлены почти все известные классы ферментов, наиболее изученные из них оксидоредуктазы и гидролазы, имеют, как известно, важное значение в почвенной биодинамике [4].

Существующие методики определения ферментативной активности почв, например, уреазной и каталазной активности, позволяют оценивать только концентрацию ферментов в почве. В первую очередь это связано с тем, что определения проводят в неких модельных, оптимальных для дейст-

вия ферментов условиях, например, в суспензии при избытке субстрата [5]. Подобные условия не соответствуют условиям протекания данных реакций в почвах. Поэтому, получая информацию о ферментативной активности почв, мы ничего не можем сказать об изменении скорости ферментативных реакций под влиянием различных воздействий на почву, в частности, при пропускании через нее электрического тока.

Целью исследования была разработка методов определения скорости ферментативного разложения пероксида водорода каталазой в почвах и ферментативного гидролиза мочевины уреазой в почвах.

В качестве объектов исследования были выбраны тепличный субстрат, торфяная почва из поймы реки Яхромы и кубанский выщелоченный чернозем. Свойства почв определяли по стандартным методикам [6]. Результаты представлены в таблице.

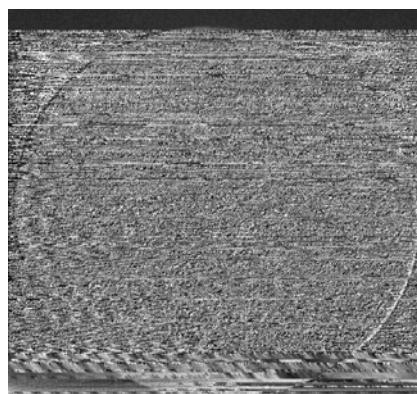
Основной сложностью при разработке методик было соблюдение условия равномерного распределения субстрата в почве. Различные попытки непосредственного введения субстратосодержащих растворов в почву положительного результата не дали. Как показал теоретический анализ и пробные эксперименты, решение лежало в области изменения фазового состояния объекта [7] – превращения жидкостей в мелкодисперсный порошок загущением аэросилом [8], который представляет собой частицы двуоксида кремния размером 10-40 нм, полученные газофазным синтезом. Такой порошок образующий субстрат материал обладал замедленной смачиваемостью за счет эффекта гистерезиса смачивания [9], что позволяло распределить его равномерно по всему объему почвы.

**Свойства используемых в работе почв**

Свойства почв	Тип почвы	Тепличный субстрат	Торфяная почва	Чернозем
Влажность, %		79,7	140	23,5
Плотность, г/мл		0,76	0,65	0,99
Общая уд. поверхность по Кутилеку, м2/г		97,6	346	100
Плотность твердой фазы, г/мл		1,96	1,46	2,10
Пористость, %		78	81	62
РН водной вытяжки		6,9	6,6	7,0
РН солевой вытяжки		6,5	6,5	6,8
Содержание нитратов, мг/кг		116	371	201
Содержание фосфора на P2 O5, мг/100г		25,1	17,4	12,2
Содержание аммония, мг/кг		41	41	35
Содержание органики, потери при прокаливании, %		28,3	54,6	8,2
Содержание калия, мг/100г		164	75	84
Содержание натрия, мг/100г		74	143	32
Содержание кальция, мг/100г		1200	1750	825
Содержание магния, мг/100г		31	316	10
Сумма обменных оснований, мг-экв/100г		82,3	103,6	41,8
Гидролитическая кислотность, мг-экв/100г		1,8	2,2	< 1
Емкость катионного обмена, мг-экв/100г		84,1	105,8	42,0
Насыщенность основаниями, %		98,0	98,0	99,5
Содержание солей, мг-экв/100г		0,9	3,5	2,5



30 %

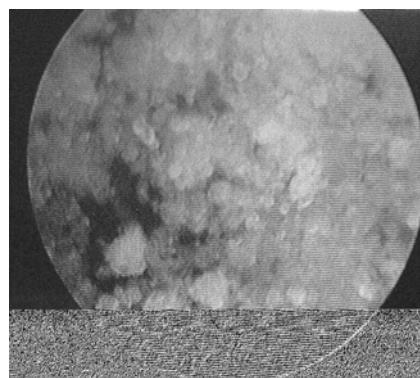


40 %

100 мкм



35 %



45 %

Рис.1. Микрофотографии порошкообразных смесей аэросил – пероксид водорода при различном содержании аэросила

Для изучения скорости ферментативного разложения пероксида водорода каталазой в почвах аэросильную смесь готовили следующим образом: брали навески раствора пероксида водорода и аэросила, перемешивали их и тщательно перетирали в ступке. Оптимальными оказались смеси, содержащие 40 % аэросила, так как именно это соотношение позволяет получить наименьший размер частиц смеси, что можно видеть на фотографиях, полученных при помощи оптического микроскопа (рис.1.).

При определении активности каталазы в почвах навеску аэросильной смеси вносили в стеклянную емкость, присоединяли емкость к системе и тщательно перемешивали, фиксируя выделение кислорода манометрическим методом. Ошибка измерений составляла 2-3 %.

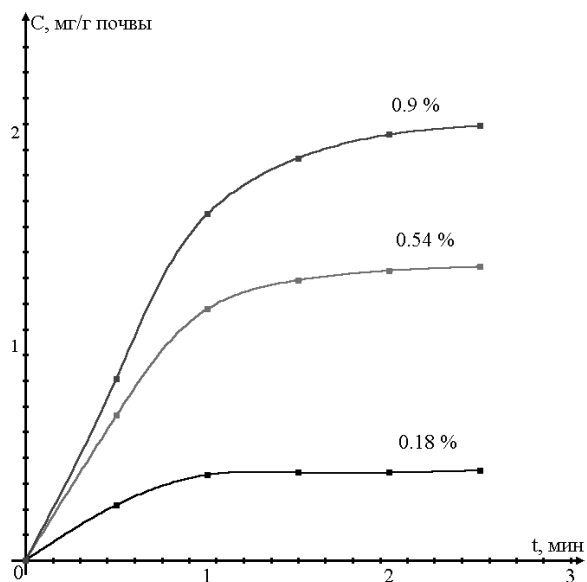


Рис.2. Скорость разложения пероксида водорода каталазой в тепличном грунте при различной концентрации субстрата

Как видно из представленных данных, мы получаем характерные зависимости изменения концентрации продукта от времени (рис.2.). При линеаризации полученных данных в обратных координатах по методу Лайнуивера-Берка [10] с целью определения констант Мехазлиса-Ментен и максимальной скорости реакции удалось увидеть следующую закономерность (рис.3.).

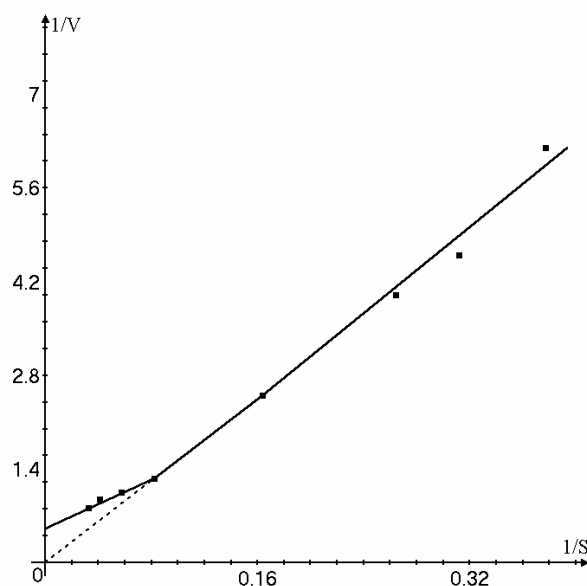


Рис.3. Скорость разложения пероксида водорода в тепличном грунте в координатах Лайнуивера-Берка (V – мл кислорода на 1 г почвы в мин., S – мг пероксида водорода на 1 г почвы)

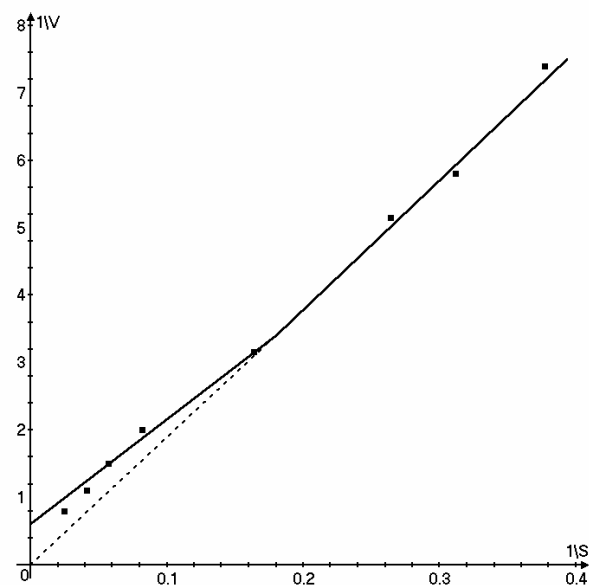


Рис.4. Скорость разложения пероксида водорода в торфяной почве в координатах Лайнуивера-Берка (V – мл кислорода на 1 г почвы в мин., S – мг пероксида водорода на 1 г почвы)

На графике наблюдается характерный излом, который свидетельствует, что реакция протекает в диффузионной области, и лишь при высоких концентрациях субстрата наблюдается тенденция к переходу в кинетическую область.

тическую область. Полученные данные не являются неожиданными, поскольку ферменты в почвах находятся, как известно [4], в иммобилизованном состоянии, а для иммобилизованных ферментов характерно прохождение реакций в диффузионном режиме [11].

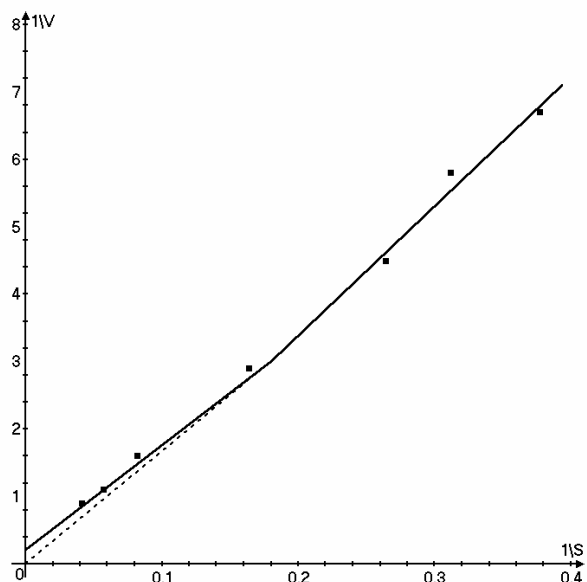


Рис. 5. Скорость разложения пероксида водорода в черноземе в координатах Лайнуивера-Берка (V-мл кислорода на 1 г почвы мин., S-мг пероксида водорода на 1 г почвы)

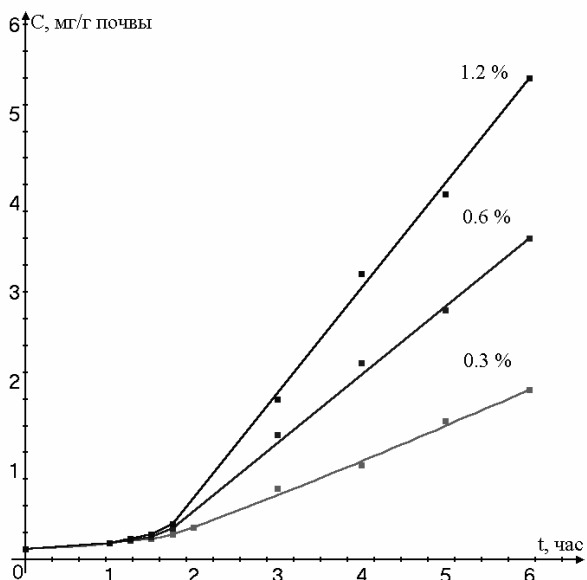


Рис. 6. Скорость разложения мочевины уреазой в тепличном грунте при различных концентрациях субстрата

Для подтверждения того, что диффузия лимитирует скорость ферментативного разложения пероксида водорода каталазой не только в тепличном грунте, были проведены эксперименты на торфяной почве и на черноземе (рис. 4. и рис. 5.). Как видно из графиков, в этих почвах ферментативная реакция также лимитируется диффузией.

В реальных условиях ферментативная реакция разложения пероксида водорода в почвах протекает при концентрациях заведомо более низких, чем мы использовали в своих экспериментах, и следовательно протекает в диффузионном режиме. Поэтому определение констант Михаэлиса-Ментен и максимальной скорости реакции классическими методами для каталазы при сравнении почв теряет смысл.

Для подтверждения общности лимитирующих факторов для ферментативных реакций в почвах мы определили скорость ферментативного гидролиза мочевины уреазой в почвах. Для чего разработали методику, основанную на тех же принципах, что и описанная выше. Однако использовать растворы мочевины не представилось возможным, так как из-за взаимодействия мочевины с аэросилом наблюдается заметное замедление скорости выхода мочевины из аэросильной гранулы. Поэтому мы использовали расплав мочевины.

Аэросильную смесь на основе мочевины готовили следующим образом. Аэросил вносили в расплав мочевины при температуре 133-134 °С в количестве, соответствующем 25 % от аэросильной смеси, и тщательно перемешивали. На втором этапе полученную смесь охлаждали, добавляли аэросил до необходимого содержания и тщательно перетирали. Оптимальными также являлись аэросильные смеси, содержащие 40 % аэросила. После приготовления навеску аэросильной смеси помещали в емкость, в которой уже находился тепличный грунт и перемешивали с ним. Отбор проб из смеси проводили через 1, 2, 3, 4, 5 и 6 часов и определяли в них содержание аммония по стандартной для почв методике с реактивом Несслера [12] (рис. 6.).

Наличие индукционного периода, по нашему мнению, связано с условиями проведения экспериментов, а именно, с выходом мочевины из аэросильной гранулы. Для построения графика в координатах Лайнуивера-Берка мы брали максимальную эффективную скорость реакции по завершении индукционного периода. (рис. 7.).

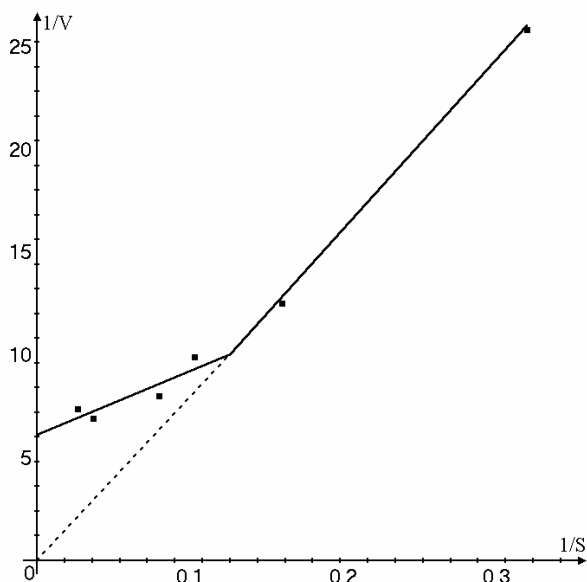


Рис. 7. Скорость разложения мочевины в тепличном грунте в координатах Лайнуивера-Берка (С – концентрация мг аммония в 1 г почвы)

Из представленного графика видно, что реакция протекает в кинетическом режиме только при высоких концентрациях, а при низких концентрациях проходит в диффузионном режиме. Отметим, что самые низкие концентрации из используемых нами на 2 порядка превышают реальные концентрации мочевины, которые реализуются при проведении подкормок в тепличных хозяйствах. Следовательно данная ферментативная реакция в реальных условиях также может лимитироваться только диффузией

Полученные данные позволяют сделать следующие выводы.

1. Предложенный метод позволяет определять скорость ферментативных реакций разложения пероксида водорода каталазой и гидролиза мочевины уреазой в реаль-

ных почвенных условиях, что до настоящего времени было возможно только для ферментов целлюлазы и протеазы.

2. Ферментативные реакции в почвах проходят в диффузионном режиме, поэтому определение кинетических констант и выводы, которые делаются о биологической активности почв на основе отличия этих констант в различных почвах, не вполне правомерны.

3. Предложенный метод позволяет изучать влияние различных внешних факторов, в том числе и электрических токов, на скорость ферментативных реакций в почвах.

### Литература

1. Кравцов П.В., Кравцова Л.В. Действие и последствие постоянного электрического тока на развитие и активность азотофиксирующих микроорганизмов // Электронная обработка материалов. – 1975. – № 5. – С. 70–75.
2. Толчельников Ю.С., Ковш Н.В., Терешенкова И.А. Действие слабого электрического тока на агрохимические свойства торфокомпостов и их эффективность при внесении в дерново-подзолистые почвы // Агрохимия. – 1979. – № 10. – С. 101–106.
3. Шустов В.А. Электрический обогрев и воздействие электрических токов на растения в защищенном грунте: Автореф. дисс. ... канд. техн. наук. – М.: Ленинградский с.-х. ин-т, 1961. – 26 с.
4. Хазиев Ф.Х. Системно-экологический анализ ферментативной активности почв. – М.: Наука, 1982. – 203 с.
5. Хазиев Ф.Х. Ферментативная активность почв. – М.: Наука, 1976. – 180 с.
6. Гасанов А.М. Практикум по почвоведению. – М.: МГУ природообустройства, 2000. – 203 с.
7. Альтшуллер Г.С. Алгоритм изобретения. – М.: Московский рабочий, 1973. – 296 с.
8. Федотов Г.Н. и др. Авторское свидетельство СССР. №325634. 1991.
9. Фридрихсберг Д.А. Курс коллоидной химии. – Л.: Химия, 1984. – 368 с.
10. Березин И.В., Клесов А.А. Практический курс химической и ферментативной кинетики. – М.: Изд-во МГУ, 1976. – 350 с.
11. Звягинцев Д.Г. Имобилизованные ферменты в почвах / Микробные метаболиты. – М.: МГУ, 1979. – С. 31–46.
12. Радов А.С., Пустовой И.В., Корольков А.В. Практикум по агрохимии. – М.: Колос, 1965. – 376 с.

## КОЛЛОИДНО-ГЕЛЕВАЯ СТРУКТУРА КАК ИНФОРМАЦИОННЫЙ ПОКАЗАТЕЛЬ СОСТОЯНИЯ ПОЧВ

Г.Н. ФЕДОТОВ, доц. МГУЛа, канд. хим. наук,  
Е.И. ПАХОМОВ, студент 5 курса МГУЛа,  
А.И. ПОЗДНЯКОВ, проф. МГУ им. М.В. Ломоносова, д-р биол. наук,  
Г.Л. ОЛИФЕРЕНКО, доц. МГУЛа, канд. хим. наук,  
О.П. ПРОШИНА, доц. МГУЛа, канд. хим. наук

Известно, что в почвах существуют гели, которые представлены в виде структурированной коллоидно-гелевой системы [5]. Обычно это органо-минеральные гели (ОМГ). Они очень лабильны и чутко реагируют практически на любые воздействия в системе. Их структура может разрушаться или восстанавливаться под влиянием различных факторов, в том числе и антропогенных.

Разрушение единой структуры каркаса ОМГ меняет величину и выраженность ряда свойств почв – реологических, механических и электрических. Особенно чувствительны к его разрушению электрические свойства: сопротивление, различные проявления естественных электрических полей и ряд других.

Эти свойства могут служить основой для контроля как структурной организации геля в почвах, так и особенностей экологических изменений в природных системах.

Наиболее существенным изменениям обычно подвержены такие характеристики почв, как влажность, подвижность и активность ионов в них, которые определяются режимами почв и состоянием экосистемы в целом.

В работах [2,3] показано, что поверхность твердых частиц покрыта слоем геля. В почвах это органо-минеральный гель (ОМГ), который весьма лабилен и определяет многие свойства почв [5]. Добавление воды в воздушно-сухую почву не приводит к получению равновесной почвы с определенной влажностью, а создает неравновесную сис-

тему, которая с определенной скоростью релаксирует к равновесному состоянию. При этом времена релаксации составляют многие часы и сутки.

Как правило, целью лабораторных экспериментов является получение данных, которые каким-то образом коррелируют с результатами натуральных испытаний, а для этого необходимо работать с образцами почв, значимо не отличающимися по состоянию каркаса ОМГ от реальных почв. Проведение же экспериментов с почвами при различном состоянии каркаса ОМГ может давать значительную невоспроизводимость результатов.

Изменения каркаса ОМГ, проходящие в почвах после добавления воды, делают необходимым поиск методов оценки состояния почв, а точнее методов оценки состояния каркаса ОМГ, который сжимается при высушивании почв и расширяется, включая в свой состав почвенную влагу, после добавления воды в почву.

Целью работы являлся поиск методов, которые позволят как в лабораторных, так и в полевых условиях оценивать состояние каркаса органо-минерального геля почв и определять степень удаленности системы от состояния равновесия.

В качестве объекта исследования были выбраны тепличный субстрат, кубанский выщелоченный чернозем, дерново-подзолистая и торфяная почвы, свойства которых, определенные по стандартным методикам, приведены в работе [4].

Изменение состояния каркаса ОМГ оказывает опосредованное влияние на мно-

гие свойства почв, но, в первую очередь, меняется структура самого коллоидного каркаса и его силовое поле, а это влияет на активность и подвижность ионов, входящих в структуру ОМГ. Поэтому, на наш взгляд, наиболее перспективными являются методы, позволяющие определять активность катионов в почве. В частности, можно использовать ионселективные электроды на катионы, заполняющие почвенный поглощающий комплекс, и оценивать изменение их активности при изменении каркаса ОМГ. Однако изменение активности одного из ионов: калия, кальция, натрия или аммония не может правильно отразить изменения, происходящие с матрицей ОМГ, а проведение измерений по всем катионам, хотя и дает достаточно полную информацию, но слишком громоздко. Более простым и дающим информацию об усредненной активности катионов в почве является метод, основанный на измерении диффузионно-адсорбционного потенциала (ДАП) между изучаемой почвой и выбранной модельной системой.

ДАП возникает при контакте между двумя дисперсными системами за счет перераспределения ионов между ними [1]. Для почв основную роль в возникновении ДАП играют катионы. В соответствии с уравнением Нернста, чем больше логарифм отношения активностей катионов в почве к модельной системе, тем больше величина ДАП. Таким образом, если использовать модельную систему с высокой активностью катионов в ней, то ДАП будет изменяться в большем интервале значений при изменении активности катионов в почве, и, следовательно, легче будет наблюдать за изменениями, происходящими с каркасом ОМГ почвы.

В качестве таких модельных систем мы решили использовать катион и анионообменные мембраны, насыщенные одновалентными ионами, соответственно калием и хлором. Использование ионообменных мембран дает дополнительное преимущество, позволяя изучать отдельно изменения активности катионов и анионов в почвах при изменении структуры ОМГ.

Измерения проводили при помощи стандартных хлорсеребряных электродов, один из которых контактировал через агаровый солевой мостик с исследуемой почвой, а другой через такой же мостик с мембраной, размещенной на поверхности почвы. В качестве измерителя напряжения использовали цифровой мультиметр фирмы «Mastech» M890 с внутренним сопротивлением 10 Мом.

Общий вид кривых изменения ДАП от времени контакта мембраны с почвой представлен на графике (рисунок), на котором можно выделить три основных участка: а – участок, характеризующий рост ДАП до максимальной величины, продолжительностью 1-2 минуты; в – участок максимального значения ДАП; с – участок спада ДАП.

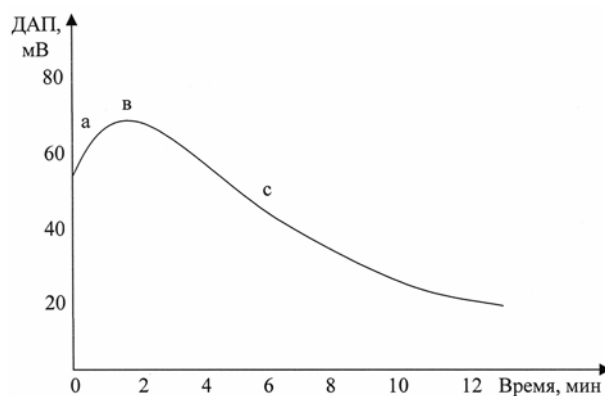


Рис. 1. Общий вид изменения разности потенциалов между контактирующими ионообменной мембраной и почвой

Для объяснения характера кривой проанализируем процессы, которые происходят после контакта катионитовой мембраны с почвой. При соприкосновении мембраны с почвой катионы, активность которых в мембране выше, переходят из мембраны в почву. Поскольку в почве до контакта с мембраной существовало равновесие в распределении одно и двухвалентных катионов в двойном электрическом слое коллоидных частиц почвы, то появление катионов калия из мембраны смещает это равновесие. В результате часть одновалентных катионов переходит из диффузного слоя в адсорбционный, а общая активность катионов в почве понижается, что стимулирует переход до-



полнительного количества катионов калия из мембраны в почву и увеличение ДАП (участок а) до максимального значения (в). Параллельно идет ионный обмен между мембраной и почвой, то есть из почвы в мембрану начинают переходить двухвалентные катионы кальция, концентрация которых в почве весьма велика. Активность катионов в мембране падает, а это приводит к уменьшению ДАП между мембраной и почвой (участок с). Подобное объяснение подтверждает и то, что ДАП, возникающий при контакте с почвой мембран, насыщенных ионами калия, на 30–40 мВ превосходит ДАП, возникающий при контакте с почвой мембран, насыщенных ионами кальция (сравнение вели по точке в).

Таким образом, точка (в) характеризует общую активность катионов в почве, которая, как мы уже отмечали, должна зависеть от структуры каркаса ОМГ, а скорость уменьшения ДАП на участке (с) определяется скоростью ионного обмена.

Аналогичные зависимости были получены нами для анионообменных мембран. Предполагая, что ионы хлора в мембране должны замещаться карбонат ионами мы провели сравнение ДАП, возникающих при контакте этих мембран, заполненных ионами хлора и карбонат ионами с почвой. Во втором случае величина ДАП, как и следовало ожидать, была на 20–30 мВ меньше.

Все вышеизложенное позволяет предполагать возможность использования метода, основанного на применении ионообменных мембран для оценки состояния каркасов ОМГ в почвах. Для подтверждения этого заключения нами было проведено изучение изменения каркаса ОМГ от времени, прошедшего после добавления дистиллированной воды в воздушно-сухой тепличный субстрат в количестве, соответствующем 0,8–0,9 наименьшей полевой влагоемкости. В представленных данных (табл. 1) знак потенциала соответствует знаку заряда почвы.

Т а б л и ц а 1

**Изменения ДАП от времени, прошедшего после добавления воды в почву**

Время, час	0	2	3	4	5	6	14	16	20	22	24
ДАП											
КОМ, точка (в), мВ	71	73,7	75,8	76,3	78,9	79,2	79,1	79,1	79	79,2	79
АОМ, точка (в), мВ	-73	-73	-65,5	-60,6	-69,2	-74	-73	-71	-73	-72,2	-73,1
КОМ, скорость Уменьшения ДАП (с), мВ/ мин	2,8	2,9	2,7	2,5	2,2	2,0	1,9	2,2	2,0	2,1	2,0
АОМ, скорость Уменьшения ДАП (с), мВ/ мин	2,8	2,8	1,4	1,5	1,5	1,6	1,5	1,2	0,9	0,8	0,9

КОМ – катионообменная мембрана, АОМ – анионообменная мембрана

Из полученных данных видно, что активность катионов при восстановлении каркаса ОМГ в тепличном субстрате уменьшается, но это уменьшение происходит не непрерывно, а наблюдается в интервале времен 2–5 часов после добавления воды.

Обращает на себя внимание характер изменения активности анионов в почве. Их активность неизменна в начале и в конце процесса, но в том же интервале времен (2–5 часов) наблюдается резкий всплеск активности анионов.

Уменьшение скорости обмена катионов между почвой и мембраной также наблюдается в интервале 2–5 часов, а уменьшение скорости обмена анионов происходит в два этапа – наиболее заметное между вторым и третьим часом и меньшее по величине между 14 и 20 часами.

Проведя совместный анализ результатов этой работы и представленных в статье [5], мы попытались получить представление о механизме процессов, происходящих при добавлении воды в высушенную почву:

во-первых, свободные соли в воздушно-сухой почве удерживаются сильнее, чем в почве естественной влажности [5];

во-вторых, электропроводность почвы от времени взаимодействия воздушно-сухой почвы с водой уменьшается [5];

в-третьих, скачкообразно от времени меняется активность ионов и скорость ионного обмена между почвой и мембраной при взаимодействии воздушно-сухой почвы с водой.

Полученные данные противоречат друг другу, если полагать, что электропроводность осуществляется по воде, которую мы добавляем в воздушно-сухую почву. Действительно, из почвы естественной влажности солей в контактирующую с ней воду выходит больше, чем из воздушно-сухой почвы, а электропроводность почвы, активность ионов и скорость ионного обмена от времени контакта почвы с водой уменьшаются.

Подобное противоречие позволяет предположить, что основным механизмом, по которому осуществляется электропроводность на начальном этапе после добавления воды в таких системах, является поверхностная проводимость. Следовательно, высушенный ОМГ не является однородным, а по мере высушивания в нем возникают трещины, каналы и поры. При добавлении воды гель начинает расширяться, занимая все больший объем, что приводит к закрытию каналов.

По-видимому, диффузия преимущественно идет по каналам и порам структуры

ОМГ, а их «закупорка» уменьшает скорость диффузии ионов и соответственно скорость ионного обмена как для катионов, так и для анионов.

«Смыкание» каналов приводит к уменьшению активности катионов из-за уменьшения поверхности ОМГ, на которой их активность выше, чем внутри ОМГ.

Вышеизложенное позволяет сделать вывод о том, что при смыкании двойных электрических слоев стенок пор и каналов ОМГ происходит «выталкивание» (отрицательная адсорбция) анионов, и это приводит к возрастанию их активности. Принимая во внимание «отрицательную адсорбцию» анионов, можно выдвинуть предположение о повышении активности анионов при упрочнении каркаса ОМГ и соответственно об уменьшении их активности при повышении ажурности структуры геля.

Проведенный анализ позволяет объяснить изменения, происходящие с тепличным субстратом, высушенным до воздушно-сухого состояния, после добавления воды. ОМГ сжимается при высушивании, деформируется, в нем появляются микротрещины. После добавления воды гель начинает расширяться, происходит «залечивание» трещин, но структура самого геля меняется незначительно.

Несколько иную картину мы наблюдали при добавлении воды в воздушно-сухие чернозем и торфяную почву (табл. 2 и 3). В них активность катионов от времени контакта с водой уменьшается незначительно. По-видимому, это связано с взаимной компенсацией двух процессов. С одной стороны происходит «залечивание» микротрещин, уменьшающее активность катионов, а с другой – возрастает ажурность каркаса ОМГ, увеличивающая их активность. О последнем свидетельствует значимое уменьшение активности анионов от времени. Предполагаемое уменьшение пористости ОМГ от времени контакта с водой приводит к уменьшению скорости ионного обмена для обеих почв.

Т а б л и ц а 2

**Изменения ДАП от времени, прошедшего после добавления воды в чернозем**

ДАП \ Время, сутки	0	1	2	3	4	5	6	7
КОМ, точка (в), мВ	80,4	79,3	78,3	85,2	81,7	89,0	88,8	88,6
АОМ, точка (в), мВ	-46,9	-52,3	-57,0	-61,0	-59,2	-70,8	-69,7	-69,5
КОМ, скорость уменьшения ДАП (с), мВ/ мин	1,0	0,9	0,9	1,0	1,0	0,8	0,8	0,8
АОМ, скорость уменьшения ДАП (с), мВ/ мин	2,3	2,1	2,2	1,6	1,7	1,9	1,8	1,8

Т а б л и ц а 3

**Изменения ДАП от времени, прошедшего после добавления воды в торфяную почву**

ДАП \ Время, сутки	0	1	2	3	4	5	7
КОМ, точка (в), мВ	92,8	96,6	97,2	98,2	97,8	97,2	96,9
АОМ, точка (в), мВ	-53,4	-55	-59,4	-64,2	-64,6	-77,4	-75,9
КОМ, скорость уменьшения ДАП (с), мВ/ мин	1,7	1	0,6	0,7	0,6	0,7	0,7
АОМ, скорость уменьшения ДАП (с), мВ/ мин	1,4	1,2	1,1	1,2	1,1	0,3	0,4

Т а б л и ц а 4

**Изменения ДАП от времени, прошедшего после добавления воды в дерново-подзолистую почву**

ДАП \ Время, сутки	0	1	2	3	4	5	6	7
КОМ, точка (в), мВ	88,9	90,0	97,0	96,2	97,1	96,5	97,0	96,7
АОМ, точка (в), мВ	-53,2	-53,0	-53,1	-53,5	-64,5	-63,1	-63,2	-63,8
КОМ, скорость уменьшения ДАП (с), мВ/ мин	1,3	1,5	2,3	2,2	2,1	2,0	2,0	2,1
АОМ, скорость уменьшения ДАП (с), мВ/ мин	0	0,2	0,9	1,0	2,3	2,2	2,2	2,3

Таким образом, в воздушно-сухих черноземе и торфяной почве при добавлении воды происходит увеличение объема ОМГ с изменением его структуры.

Мы рассмотрели изменения, происходящие в трех почвах, в которых концентрация коллоидов достаточно высока. Об этом свидетельствуют величины удельной поверхности этих почв, определенные по Кутилеку. Чернозем и тепличный субстрат – 100 м<sup>2</sup>/г, торфяная почва – 350 м<sup>2</sup>/г. Поэтому было интересно изучить поведение почвы с малым содержанием коллоидов – дерново-подзолистой (удельная поверхность – 13 м<sup>2</sup>/г).

Полученные данные (табл. 4) свидетельствуют, что в воздушно-сухой дерново-подзолистой почве при взаимодействии с водой тоже происходит «залечивание» трещин ОМГ, хотя структура ОМГ (изменение активности анионов) меняется в меньшей степени. На основе данных по скорости ионного обмена можно сделать вывод, что при высушивании из-за малого количества геля образуются уже не микро-, а макротрещины, разъединяющие единую структуру ОМГ на отдельные блоки, что уменьшает скорость диффузии ионов. Увеличение объема геля, «залечивание» трещин приводят к росту скорости диффузии и ионного обмена.

Представленные результаты свидетельствуют, что:

во-первых, применение метода «ионообменных мембран» позволяет наблюдать

за изменениями, происходящими с каркасами ОМГ почв;

во-вторых, при высушивании ОМГ почв сильно деформируется, увеличивает свою удельную поверхность, и надо быть очень аккуратными, соотнося эту удельную поверхность с удельной поверхностью самой почвы;

в-третьих, при взаимодействии воздушно-сухих почв с водой происходит увеличение объема ОМГ и «залечивание» трещин;

в-четвертых, в дерново-подзолистой почве, содержащей малые количества ОМГ, образуются не микро-, а макротрещины, препятствующие диффузии ионов.

### Список литературы

1. Вендельштейн Б.Ю. О природе диффузионно-адсорбционных потенциалов: Сб. Прикладная геофизика. – М.: ГНТИ нефтяной и горно-топливной литературы, 1960. – Вып. 26. – С. 186–217.
2. Липсон Г.А., Колодиева Т.С. Исследование процесса гидратации кластогенного кварца // Коллоидный журнал. – 1972. – Т. 34. – 235 с.
3. Мартынов Г.А. Двойной электрический слой на поверхности микропористых тел // Коллоидный журнал. – 1978. – Т. 40. – № 6. – 1110 с.
4. Федотов Г.Н., Третьяков Ю.Д., Поздняков А.И. Возникновение остаточной поляризации при неустановившейся фильтрации воды через коллоидные почвенные структуры // Доклады Академии наук России. – 2003. – Т. 392. – № 3. – С. 1–5.
5. Федотов Г.Н., Третьяков Ю.Д., Поздняков А.И., Жуков Д.В. Роль органно-минерального геля в формировании свойств почв // Почвоведение (в печати).

## УПРАВЛЕНИЕ ДЕНЕЖНЫМИ СРЕДСТВАМИ ЛЕСОПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

В.О. МАРЕНКОВ, *асп. каф. экономики и организации внешних связей предприятий лесного комплекса МГУЛа*

Система управления финансами предприятия может быть разделена на несколько подсистем, таких, как, оперативное управление дебиторской задолженностью, оперативное управление краткосрочными финансовыми вложениями, оперативное управление кассовой наличностью предприятия.

### Оперативное управление дебиторской задолженностью

В предпринимательской деятельности неуправляемая дебиторская задолженность зачастую является одной из причин кризисного состояния. В этой связи целесообразно проанализировать наиболее применимые в российских условиях инструменты оптимизации дебиторской задолженности.

### Общее понятие дебиторской задолженности

Дебиторская задолженность – это суммы, которые покупатели должны предприятию. Эта задолженность образуется во время реализации и превращается в денежные средства по истечении определенного времени. На уровень дебиторской задолженности основное влияние оказывают макроэкономические условия и принятая фирмой политика предоставления кредита и инкассации. Предоставление кредита является одним из многих факторов, под воздействием которых изменяется спрос на продукцию предприятия.

Под управлением дебиторской задолженностью понимаются следующие действия:

- определение политики предоставления кредита и инкассации для различных групп покупателей и видов продукции;
- анализ и ранжирование покупателей в зависимости от объемов закупок, исто-

рии кредитных отношений и предлагаемых условий оплаты;

- контроль расчетов с дебиторами по отсроченным или просроченным задолженностям;
- определение приемов ускорения востребования долгов и уменьшения безнадежных долгов;
- задание условий продажи, обеспечивающих гарантированное поступление денежных средств;
- прогноз поступлений денежных средств от дебиторов на основе коэффициентов инкассации.

Политика предоставления кредита и инкассации включает в себя принятие решений по следующим вопросам:

- кому предоставлять кредит при условии допустимого уровня риска;
- контроль за балансом дебиторской и кредиторской задолженности;
- срок кредита;
- величина предоставляемой скидки;
- уровень допустимых расходов при возникновении просроченной и безнадежной дебиторской задолженности, а также при возможном использовании факторинга.

Анализ динамики развития, а также реестра старения существующей дебиторской задолженности служит основой для введения поправок в принятую политику кредита и инкассации и, в частности, дает информацию для прогноза поступлений денежных средств в ближайшем будущем.

При оперативном управлении дебиторской задолженностью могут применяться различные методы, основными из которых являются:

- продажа задолженности, когда предприятие имеет поддержку банка;

– использование ценных бумаг, когда количество взаимных обязательств не превышает трех;

– залоговые механизмы, применяются в случае простых давальческих схем.

Рассмотрим эти методы более подробно.

### **Продажа дебиторской задолженности**

#### ***Факторинг***

Факторинг – это покупка банком или специализированной факторинговой компанией денежных требований поставщика к покупателю и их инкассация за определенное вознаграждение. Суть факторинга состоит в том, что факторинговая компания (или фактор-фирма) покупает у своих клиентов их платежные требования к покупателям на условиях немедленной оплаты 80–90 % стоимости отфактурованных поставок и уплаты остальной части, за вычетом комиссионных и процентов за кредит в строго определенные сроки, независимо от поступления выручки от покупателей. Разумеется, поступающий затем платеж от покупателя зачисляется на счет фактор-компании.

В соответствии с Конвенцией о международном факторинге, принятой в 1988 году Международным институтом унификации частного права, операция считается факторингом в том случае, если она удовлетворяет хотя бы двум требованиям из четырех:

- 1) наличие кредитования в форме предварительной оплаты долговых требований;
- 2) ведение бухгалтерского учета поставщика, прежде всего учета реализации;
- 3) инкассирование его задолженности;
- 4) страхование поставщика от кредитного риска.

В мировой практике договор факторинга применяется давно и довольно активно. Он охватывает довольно широкий круг разнообразных отношений. При этом юридическую сущность обязательств по данному договору составляет известная обязатель-

ственному праву уступка денежного требования (цессия). Однако отношения факторинга, сочетающие в себе элементы договоров займа и кредита, а иногда и договора возмездного оказания финансовых услуг, имеют гораздо более сложный и многогранный характер.

#### ***Форфейтинг***

Форфейтинг – одна из новых форм кредитования внешней торговли, появившаяся под влиянием быстрого роста экспорта дорогостоящего оборудования с длительным сроком производства, усиления конкурентной борьбы на мировых рынках и повышения роли кредита в развитии мировой торговли и представляющая собой кредитование экспортера путем покупки векселей или других долговых требований. Это форма трансформации коммерческого кредита в банковский.

Форфейтинг обладает существенными достоинствами, что делает его привлекательной формой среднесрочного финансирования. Основным достоинством этой формы является то, что форфейтер берет на себя все риски, связанные с операцией. Кроме того, ее привлекательность возрастает в связи с отказом в некоторых странах от фиксированных процентных ставок, хроническим недостатком во многих развивающихся странах валюты для оплаты импортируемых товаров, ростом политических рисков и некоторыми иными обстоятельствами. Продавцом при форфейтинге обычно выступает экспортер, выполнивший свои обязательства по контракту и стремящийся инкассировать расчетные документы импортера с целью получить наличные средства. В качестве покупателя – форфейтера – обычно выступает банк или специализированная компания.

Покупатель – банк – берет на себя коммерческие риски, связанные с неплатежеспособностью импортеров без права регресса – оборота – этих документов на экспортера. Если импортер не является первоклассным заемщиком, пользующимся несомненной репутацией, форфейтер требует по приобретаемым долговым обязательствам

безусловную гарантию банка страны импортера.

Форфейтер приобретает долговые требования за вычетом процентов за весь срок, на который они выписаны. Тем самым экспортная сделка превращается в наличную.

Форфейтер может хранить купленные документы у себя. В этом случае затраченные им средства рассматриваются как капиталовложения. Но он может продать их другой форфейтинговой фирме также на безоборотной основе. С наступлением срока платежа конечный держатель документов предъявляет их в банк для оплаты. Для проведения особо крупных сделок форфейтеры образуют консорциумы. Форфейтинг как метод трансформации коммерческого кредита в банковский представляет для экспортера ряд преимуществ:

1) ускоряет поступление средств за экспортируемый товар, а значит и оборот всего капитала;

2) освобождает от риска неплатежа, от валютного риска;

3) упрощает баланс предприятия за счет частичного освобождения от дебиторской задолженности;

4) освобождает от рисков, связанных с колебанием процентных ставок.

Недостатки для экспортера сводятся к возможным относительно более высоким расходам по передаче рисков форфейтеру. Рассматривая условия форфейтинговой сделки, основное внимание следует обращать на механизм погашения, валюту, дисконтирование, виды форфейтируемых документов, банковскую гарантию и т. д.

### ***Вексельные кредиты***

Вексельно-кредитные операции в банке начинаются с получения клиентом вексельного кредита. Этот кредит может быть получен в форме учета векселей и в форме специального ссудного счета под залог векселей. При этом они делятся на единовременные и постоянные.

Кредиты по учету векселей могут быть предъявительскими и векселедательскими.

Предъявительский кредит открывается клиенту для учета передаваемых им банку векселей. Под векселедательский кредит клиент выдает свои векселя, которыми рассчитывается за поставленные товары и услуги. Получатели таких векселей затем представляют их в свои банки, которые, в свою очередь, пересылают их в банк векселедателя для погашения за счет открытого кредита.

Вексельные кредиты обычно выдаются банками клиентам, у которых в них открыты расчетные – текущие – счета. Векселедательский кредит может иметь и другие формы. Например, векселедатель выставляет на банк вексель, который последний заранее акцептует. Такой кредит называется акцептным. Банк оплачивает предъявленный вексель либо из покрытия, предоставляемого клиентом, либо за счет открытого кредита. Возможен вариант выдачи банком в рамках кредита простых векселей на имя клиента. Как правило, такие векселя выписываются со сроком оплаты «через столько-то дней после предъявления» или «по предъявлении не ранее определенной даты». Удобство этого вида кредита для банка состоит в том, что при его выдаче не происходит реального движения денег.

При рассмотрении возможности открытия вексельного кредита банк оценивает платежеспособность клиента. Для этого в банк представляются финансовые документы предприятия, описание его основных и оборотных фондов, информация о наличии в прошлом просроченной задолженности, производственно-хозяйственные планы, страховые полисы, если они есть, устав предприятия. Банк может использовать данные о предприятии, полученные от других банков и специальных фирм. Если предприятие раньше допускало свои векселя до протеста, то получить вексельный кредит ему будет проблематично. Векселя и в предъявительских, и в векселедательских кредитах принимаются к учету только в размере свободного остатка кредита. При учете векселей банк взимает учетный процент, ставка которого устанавливается самим банком.

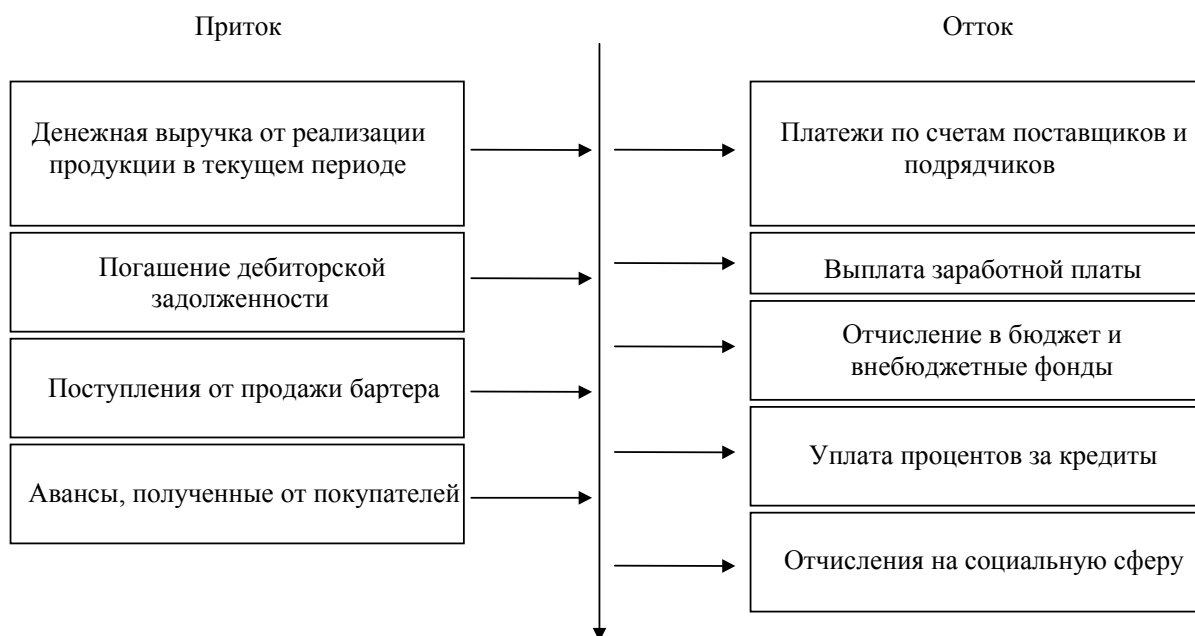


Рис. 1. Структура потоков от основной деятельности

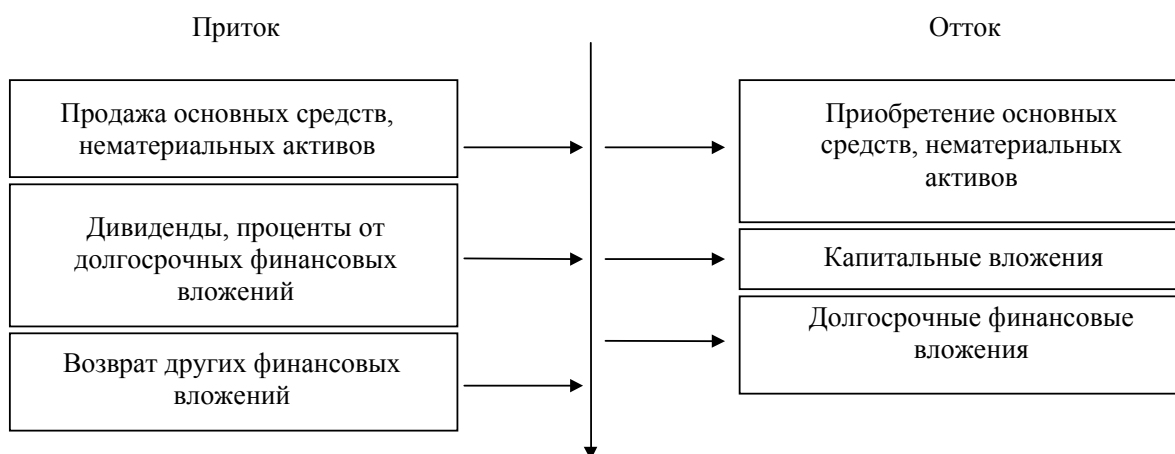


Рис. 2. Структура потоков от инвестиционной деятельности

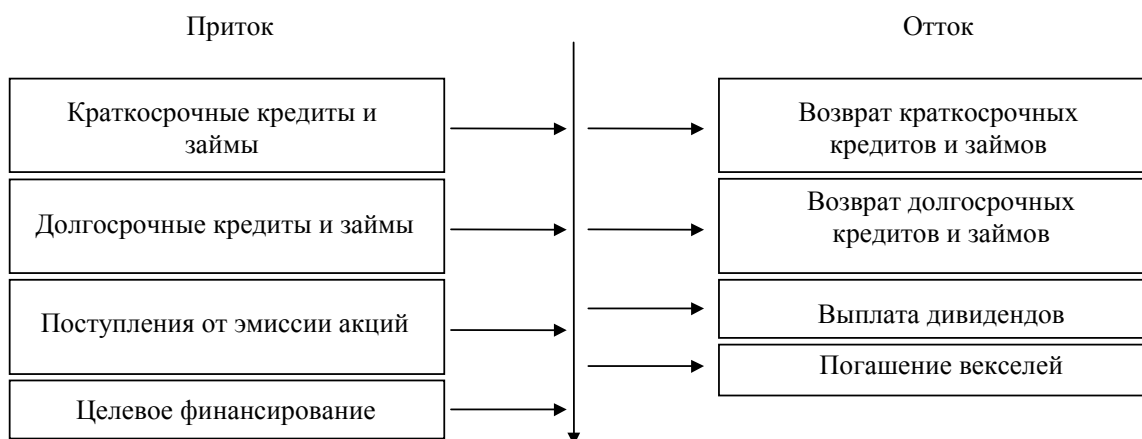


Рис. 3. Структура потоков от финансовой деятельности



### ***Оперативное управление кассовой наличностью***

Передвижение денежных средств в рамках предприятия может привести к неоправданному увеличению срока оборачиваемости, а также инфляционному обесценению средств. Для снижения негативных проявлений внешней среды и внутренних нестыковок целесообразно применять специализированные методы оперативного управления кассовой наличностью лесопромышленного предприятия.

#### **Анализ потоков денежных средств**

##### ***Управление денежными потоками***

Управление денежными потоками включает :

- учет движения денежных средств;
- анализ потоков денежных средств;
- составление бюджета денежных средств для охвата всех аспектов управленческой деятельности предприятия.

Управление денежным потоком особенно важно для лесопромышленного предприятия с точки зрения необходимости:

- управления оборотным капиталом – оценки краткосрочных потребностей в наличных средствах и управления запасами;
- планирования временных параметров капитальных затрат;
- управления капитальными потребностями финансирование за счет собственных средств или кредитов банка;
- управления затратами и их оптимизации с точки зрения более рационального распределения ресурсов предприятия в процессе производства;
- управления экономическим ростом.

Как правило, при управлении денежными средствами возникают следующие проблемы :

- менеджеры не имеют полной оперативной информации об источниках денежных поступлений, о суммах и сроках предстоящих платежей;
- финансовые потоки разрознены и не согласованы по времени;

- есть случаи утери платежных документов; кассовый план создается «на коленках» из обрывков информации;

- решение о распределении денежных средств принимается при мощном лоббировании со стороны различных служб;

- запросы на финансирование часто не соответствуют реальным потребностям;

- решения о привлечении кредитов принимаются без должной оценки их необходимой величины и сроков погашения.

#### ***Анализ потоков денежных средств***

Основная задача анализа потоков наличности заключается в выявлении причин их недостатка (избытка), определении источников их поступлений и направлений использования. Для определения потоков денежных средств обычно используются прямой и косвенный методы. Основным документом для анализа является отчет о движении денежных средств, с помощью которого можно контролировать текущую платежеспособность предприятия, принимать оперативные решения по управлению потоками наличности и объяснять расхождение между финансовым результатом и изменением денежных средств.

При анализе потоки наличности рассматриваются по трем видам деятельности: основная, инвестиционная и финансовая.

*Основная деятельность* включает поступление и использование денежных средств, обеспечивающих выполнение основных производственно-коммерческих функций (рис. 1).

*Инвестиционная деятельность* включает поступление и использование денежных средств, связанных с приобретением и продажей долгосрочных активов, и доходы от инвестиций (рис. 2.) .

*Финансовая деятельность* включает поступление денежных средств в результате получения кредитов или эмиссии акций, а также оттоки, связанные с погашением задолженности по ранее полученным кредитам, и выплату дивидендов (рис. 3).

## АНАЛИЗ ГЛАВНЫХ ПРИЧИН, СДЕРЖИВАЮЩИХ ПРИТОК ИНВЕСТИЦИЙ В ЛЕСОПРОМЫШЛЕННЫЙ СЕКТОР РОССИИ

В.О. МАРЕНКОВ, *асп. каф. экономики и организации внешних связей предприятий лесного комплекса МГУЛа*

Лесной сектор – это незадействованный потенциал российской экономики. По мнению специалистов, только экспорт продукции отрасли вполне мог бы достигать 20–30 млрд. долларов в год, что сопоставимо с экспортными поставками в нефтегазовой отрасли и заметно превосходит вывоз металла. Реально же объем экспорта в последние годы составляет менее 5 млрд. долларов. Но что более печально, нет признаков улучшения ситуации. Причина заключается в том, что уже более десяти лет лесной сектор экономики страны фактически предоставлен самому себе.

В отличие от ТЭК, металлургии, пищевой промышленности, лесоперерабатывающие предприятия не относились к «сочным» кусочкам отечественной промышленности, манящим крупный отечественный капитал. Длительное время, оставаясь на периферии российского бизнеса, лесной сектор существовал преимущественно на основе собственных, весьма ограниченных, ресурсов и был лишен рычагов для эффективного лоббирования своих интересов во властных структурах. Само же государство долгое время предпочитало дистанцироваться от проблем отрасли.

Однако на сегодняшний день масштаб проблем, стоящих перед лесным сектором, таков, что решить их собственными силами лесопромышленные предприятия не в состоянии. И основная проблема – катастрофическое положение с основными фондами. Они безнадежно устарели и изношены на 80 %. Поэтому главная и неотложная задача – привлечение инвестиций на модернизацию основных фондов.

Какие же инвестиции нужны лесному сектору?

Участники неутрачивающих споров вокруг проблем лесного сектора России даже при часто диаметрально противоположных мнениях безоговорочно сходятся в одном. Как лесопромышленные отрасли, так и лесное хозяйство остро нуждаются в инвестициях. Причем не столько в разовых капиталовложениях, пусть даже и очень крупных, сколько в масштабных инвестиционных проектах, рассчитанных на многие годы.

Аналитики ведущих инвестиционных компаний говорят о необходимости привлечения в лесной сектор не менее 2–3 млрд. долл. в год. По оценкам других специалистов, для оптимального развития лесного сектора требуется 1,3 трлн. руб. в течение ближайших 15 лет. И эти суммы не выглядят слишком фантастическими, учитывая, что износ основных фондов в отдельных сегментах лесопромышленных отраслей достигает 80 % при среднем показателе по России – чуть более 50 %. К таким затратам российские участники рынка в настоящее время явно не готовы. Нет этих денег и у государства.

Но большинство лесопромышленников и не ждет прямого вливания бюджетных средств в их предприятия. Однако лишь государство может создать предпосылки для стабильного притока капиталов в этот сектор экономики, расчистив препятствия, стоящие сегодня на пути инвестора. Анализ ситуации, сложившейся в лесном секторе экономики РФ, указывает на главные причины, сдерживающие приток инвестиций в эту сферу предпринимательской деятельности.

### **Неэффективность механизма доступа к лесным ресурсам**

Одним из важных шагов в этом направлении является выработка четкой политики в сфере предоставления в аренду лесных участков. В настоящее время решение о предоставлении во временное пользование лесных ресурсов, как правило, принимается на уровне региональных властей, причем срок аренды в большинстве случаев ограничивается 3–5 годами (по закону аренда ограничивается 49 годами). Это приемлемо для сравнительно мелких лесозаготовителей, однако вряд ли эффективно с точки зрения крупных компаний, заинтересованных в долгосрочном стабильном бизнесе и готовых вкладывать средства в лесовосстановление, требующее многих десятков лет.

Без увеличения сроков аренды, по крайней мере на порядок, надежды на влияние в отрасль значительных финансовых средств останутся весьма эфемерными. Поэтому нужно стимулировать расширение сроков предоставления в аренду лесов. Тем более, что законодательная возможность для длительной аренды есть уже сейчас. Но механизм ее предоставления явно требует доработки: из-за сложности предусмотренных в настоящее время процедур лишь 17 % участков распределяются на открытых конкурсах, дающих право аренды на 49 лет.

Определенное движение в этом направлении уже заметно. В проекте нового Лесного кодекса, а также Концепции развития лесного хозяйства до 2010 года, подготовленного Министерством природных ресурсов РФ, предусматривается продление сроков аренды на 50–70 лет с одновременной передачей полномочий на предоставление прав временного использования лесных ресурсов с регионального уровня на федеральный. Однако их принятие, и тем более практическое воплощение, скорее всего, встретят сопротивление со стороны региональных властей, все еще обладающих значительными лоббистскими возможностями.

Без политической воли в проведении решения эта инициатива может захлебнуться.

### **Незаконные вырубки лесов**

Расширение легальных возможностей для получения во временное пользование лесных ресурсов должно вестись параллельно с жестким пресечением таких откровенно криминальных явлений, как незаконная вырубка лесов. В настоящее время браконьерство достигло масштабов, вполне сопоставимых с деятельностью крупных лесозаготовительных компаний. По оценкам, объем хищничества составляет не менее 20 % от официально регистрируемых объемов лесозаготовок. Маловероятно, что воровство в таких количествах может происходить без ведома властей на местах. Слишком уж заметен ущерб.

Однако ситуация с годами только усугубляется, тем более, что со сбытом краденого пока не возникает больших проблем: контрабанда древесины, даже по самым скромным оценкам, составляет около 30 % сверх объемов легального российского экспорта необработанных лесоматериалов. По отдельным свидетельствам, в сопредельных с Россией районах Китая возник целый комплекс лесоперерабатывающих предприятий, ориентированных на контрабанду как на основную источник сырья.

Вынужденная конкуренция с нелегальным лесным бизнесом резко ограничивает возможности для развития вполне законно существующих предприятий. Без четкой и скоординированной работы правоохранительных органов и таможни переломить ситуацию практически невозможно.

### **Отсутствие надежной правовой защиты собственности**

В последнее время лесной комплекс все больше упоминается в связи с конфликтами, связанными с переделом собственности. Сложившаяся к 2000 году корпоративная структура отрасли в настоящее время переживает период трансформации, связан-

ный с появлением крупных компаний, аккумулировавших значительные финансовые ресурсы в другом бизнесе и заинтересованных в приобретении активов в лесопереработке. Так, контроля над крупнейшими предприятиями отрасли весьма активно добиваются группы компаний, занятых в металлургическом комплексе. Кроме того, вопросами приобретения целлюлозно-бумажных и лесоперерабатывающих комбинатов интересуется и ряд зарубежных компаний.

С одной стороны, сам факт появления инвесторов, готовых к масштабным вложениям в развитие производств, можно только приветствовать. С другой – издержки российского законодательства и нередкая ангажированность судебных и арбитражных органов позволяют проводить крайне агрессивную политику поглощений, объявляя банкротами и вполне эффективно работающие предприятия (материалы о несовершенстве действующего закона о банкротствах многократно появлялись на страницах журнала «Эксперт»). За последний год серьезные конфликты в сфере передела собственности возникали на Братском ЛПК, Архангельском ЦБК, Сыктывкарском ЛПК, чьи показатели деятельности явно не свидетельствуют о безысходном кризисе.

Однако, даже абстрагируясь от вопроса, насколько экономически целесообразна смена собственника в той или иной компании, силовые методы получения контроля над рядом предприятий лесоперерабатывающего комплекса наносят серьезный урон инвестиционной привлекательности отрасли. До тех пор, пока доступ к активам компании можно получить путем простой перекупки его задолженности (причем требуемые для этого размеры долгов часто невелики и потому дешевы), а смена владельцев предприятий будет сопровождаться едва ли не вооруженным противостоянием служб безопасности конфликтующих сторон, говорить о приходе серьезных зарубежных инвесторов в отрасль рано.

Низкая доходность бизнеса и из-за неэффективной структуры производства и экспорта.

В мировой практике рентабельность компаний, работающих в лесном бизнесе, достигается за счет максимально глубокой переработки сырья и производства полного ассортимента продукции на основе древесины – от пиломатериалов до высококачественной бумаги и продукции лесохимии. При этом наиболее доходной является продукция высоких технологических пределов.

В России складывается иная ситуация. Проблемы здесь не ограничиваются низким уровнем вертикальной интеграции производителей, отсутствием необходимых технологий и оборудования, хотя и это обстоятельство играет существенную роль (об этом ниже).

Структура производства изделий на основе древесины у отечественных производителей во многом диктуется пропорциями в экспортных поставках, на которые приходится свыше половины произведенной в РФ продукции. Спросом за рубежом пользуются преимущественно продукты с низкой добавленной стоимостью. Так, на круглые лесоматериалы и пиломатериалы приходится более половины российского экспорта. Остальную часть занимают целлюлоза, а также бумага и картон. Однако вывоз сравнительно технологичной лесопродукции сдерживается довольно значительными экспортными тарифами, в то время как продукция низких переделов – круглый лес – экспортируется беспрошленно. Так, при вывозе целлюлозы, бумаги и картона российский экспортер должен уплатить в виде таможенного тарифа 10 % таможенной стоимости.

Действующая тарифная политика приводит к снижению ценовой конкурентоспособности российских полуфабрикатов и конечных продуктов переработки древесины на мировом рынке (причем складывающаяся конъюнктура мирового рынка и без того не благоприятствует отечественным производителям), на практике стимулируя экспорте-

ров к вывозу сырья. Трудно ожидать, что в этих условиях компании будут заинтересованы в переориентации производства с целью повышения доли продукции высоких пределов, особенно учитывая сравнительно узкий рынок данной продукции в России.

Одним из стимулов для улучшения структуры производства продукции лесопромышленного комплекса могли бы стать формирование и реализация четко акцентированной инвестиционной политики. Определив наиболее перспективные и важные, с точки зрения общего развития экономики страны, сегменты лесного комплекса, правительство потенциально способно обеспечить продвижение именно этих секторов как за счет индикативного влияния на рынок, так и в результате использования налоговых и тарифных инструментов, ориентированных на стимуляцию непосредственных производителей.

Вместе с тем, никакая государственная поддержка не будет результативна до тех пор, пока сами производители не станут предпринимать конкретные действия, направленные на повышение эффективности бизнеса, вкладывая в ее реализацию собственные средства.

#### **Отсутствие специализированной машиностроительной базы**

В настоящее время даже сравнительно благополучные предприятия, имеющие достаточно средств на проведение технического перевооружения производств, вынуждены нести издержки, связанные с закупкой оборудования. Отечественное машиностроение даже во времена бывшего СССР не выпускало всю номенклатуру необходимых отрасли машин. Производимые же виды оборудования по качеству, как правило, существенно уступали зарубежным аналогам. Большинство целлюлозно-бумажных комбинатов, построенных во времена расцвета СССР, оснащалось за счет поставок из-за рубежа, причем доля импортного оборудования достигала 80 %.

После распада Союза часть машиностроительной базы осталась за пределами России, да и качество продукции отечественных машиностроителей не улучшилось. Поэтому практически все крупные предприятия лесного комплекса в той или иной мере вынуждены приобретать оборудование по импорту, не имея никаких альтернатив. Повышение конкурентоспособности российских производителей продукции лесопереработки требует коррекции таможенной политики государства за счет значительного снижения или полной отмены пошлин на импортное производственное оборудование, не производимое в России. Тем более, что потери бюджета можно сравнительно легко компенсировать, обложив экспорт необработанной древесины более высокими пошлинами.

Необходима и одновременная поддержка системы лизинга техники для лесозаготовок и создание системы налоговых льгот для отечественных машиностроительных корпораций, развивающих совместные проекты с ведущими иностранными фирмами-производителями специализированного оборудования для лесного комплекса.

#### **Временной ресурс**

Круг очерченных проблем, возникающих при инвестировании в российский лесной комплекс, далеко не полон. Однако даже при немедленных действиях по разрешению поставленных здесь вопросов конечный результат может быть уже признан несколько запоздалым.

При сложившейся практике не менее года-двух уйдет на разработку и реализацию конкретных мероприятий, направленных на улучшение инвестиционного климата в отрасли. Столько же, если не больше, потребуются и инвесторам для того, что бы поверить в эффективность действующей системы и безопасность своих вложений в лесную промышленность России. Да и инвестиционный цикл в отрасли достаточно длинен: окупаемость крупных проектов возможна в лучшем

случае через 3–5 лет после первоначальных инвестиций. Таким образом, для реальной отдачи от оздоровления инвестиционного климата в отрасли вряд ли потребуется не менее 8–10 лет. Однако потенциал российского лесного комплекса стоит того, чтобы приняться за дело.

### **Неэффективная система управления финансами**

Управление финансами является важнейшей частью системы управления предприятием, наряду с управлением производством, продажами, логистикой. Повышение эффективности управления финансами на предприятиях лесного сектора необходимо не только для повышения привлекательности данного вида бизнеса перед инвесторами, но и, в первую очередь, для повышения управляемости предприятия и всех его

финансовых систем, таких, как управление денежными средствами, дебиторской и кредиторской задолженностями, затратами, краткосрочными финансовыми вложениями.

Все перечисленные выше финансовые подсистемы влияют на доходность любого бизнеса, и грамотное управление ими позволяет достигать увеличения прибыли. Построение эффективной системы управления финансами стоит особо остро для предприятий лесопромышленного комплекса в связи с невысокой доходностью бизнеса и чрезвычайно сильной изношенностью основных средств.

Задача исправления всех проанализированных выше причин, сдерживающих инвестиции в предприятия лесопромышленного комплекса России, стоит перед каждым предприятием и является основополагающей для дальнейшего их развития.

## **МЕТОДИКА ОРГАНИЗАЦИОННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ СТРУКТУР ГОСУДАРСТВЕННОГО И ХОЗЯЙСТВЕННОГО УПРАВЛЕНИЯ ЛЕСАМИ**

*Л.М. ЧЕРНЯКЕВИЧ, доц. Мар ГТУ, г. Йошкар-Ола*

Структурные реформы лесного хозяйства направлены на реализацию экономической политики России по формированию рыночно ориентированной социально-экономической системы. В соответствии с классификацией видов экономической деятельности «лесное хозяйство и предоставление услуг в этой сфере» включают лесоводство и лесозаготовки, а также предоставление услуг в области лесоводства и лесозаготовок. Институциональные и структурные реформы 90-х годов в лесном хозяйстве создали условия функционирования рыночной среды в сфере лесозаготовок, лесопользования.

Следующий этап реформы лесного хозяйства необходимо рассматривать в плане реформы управления государственной

собственностью, административной реформы и структурных реформ в отраслях естественных монополий.

Принципы структурных реформ – это правила, на которых основан процесс реформирования. В качестве базовых принципов структурных реформ лесного хозяйства рассматриваются:

– раздельное исполнение функций государства в области использования, охраны, защиты лесного фонда и воспроизводства лесов как органа государственного управления лесами, преследующего публичные общественные интересы, и функций государства как лесовладельца, экономического субъекта, в соответствии с его экономическими интересами по управлению государственной собственностью на лесной фонд;

– организационное разделение функций государственного управления лесным фондом и хозяйственного управления;

– переход от административно-разрешительной системы лесных отношений к гражданско-правовым отношениям, при соблюдении лесного законодательства и других нормативных требований к ведению лесного хозяйства;

– усиление роли государства в обеспечении устойчивого развития и непрерывного неистощительного пользования лесным фондом, в том числе эффективной системы контроля;

– объективное закрепление за органами государственного управления функций и полномочий и субсидиарная ответственность за их выполнение.

В теории сложились два подхода к формированию организационных структур управления: структурный и динамический. Основное внимание в *структурном подходе* направлено на внутреннее строение организации, разделение функций и рационализацию управления. *Динамический подход* рассматривает функционирование системы во взаимосвязи с внешней средой. При этом открытые системы, к которым относится система государственного управления лесами, с целью сохранения устойчивости должны эволюционировать вместе с внешней средой или, в терминах институциональной экономики, – система должна быть институционально структурирована. Структурная адаптация должна соответствовать выбранной стратегии.

Организационное проектирование структуры государственного управления лесами базируется на стратегии устойчивого управления лесами и направлено на ее реализацию. В процессе организационного проектирования необходимо использовать научные методы оценки действующей системы управления и ее эффективности, метод аналогий на основе изучения отечественного и международного опыта управления государственными лесами; проектное моделирование на ос-

нове принятых принципов и целей реструктуризации, анализе функций; экспертно-аналитические методы. Методика организационного проектирования структуры государственного управления в области использования, охраны, защиты лесного фонда и воспроизводства лесов включает последовательное решение следующих вопросов:

– структуризация прав собственности и функций управления государственной собственностью на лесной фонд;

– выделение и аналитический обзор функций государственного управления лесами, закрепленных за ключевыми структурами управления на основе нормативно-правовых документов: Лесного кодекса Российской Федерации, Положения о Государственной лесной службе Российской Федерации, Положения о Государственной лесной охране, Положения о лесхозе и др.;

– группировка конкретных функций по предложенной классификации для выявления функций, которые следует сохранить, дублирующих, избыточных функций, не соответствующих принятым целям; возможности передачи другим организациям, делегирования нижестоящим структурам;

– группировка функций лесхоза и определение тех функций, которые согласованы с функциями Государственной лесной службы Российской Федерации и соответствуют изложенным выше принципам реформирования лесного хозяйства;

– анкетирование руководителей нижнего звена структуры государственного управления лесами – лесничих и помощников лесничих – на предмет изучения их занятости по выполняемым функциям государственного и хозяйственного управления лесами;

– принятие решения о закреплении функций за определенными структурами государственного управления лесами;

– выделение функций, которые могут быть отнесены к сфере предоставления государственных услуг;

– выделение функций, которые могут быть выполнены в коммерческих условиях, и моделирование организаций, осуществляющих хозяйственное управление лесами.

Стратегический смысл разграничения полномочий и функций в сфере управления лесным фондом заключается в том, что их результатом является создание условий формирования экономических отношений в лесном хозяйстве, адекватных реалиям изменившейся институциональной среды. Реструктурирование функций ведет к изменению организационной структуры управления лесным фондом и, соответственно, закреплённых полномочий и их ресурсного обеспечения.

Системный анализ функций управления выполнен в соответствии со следующей классификацией:

- программные – нормативные – функции;
- функции владения и поддержки;
- функции координации, надзора и контроля за исполнением;
- функции предоставления услуг;
- регулирующие функции.

Функции государства – это обобщенные, в определенной мере, однородные виды целенаправленного воздействия государства на общество. Содержание их обуславливается историческими этапами развития социально-экономической системы. Конкретное содержание функций государственного управления в области использования, охраны, защиты лесного фонда и воспроизводства лесов исходит из определения государственного управления лесами, понимаемого как целенаправленное воздействие государственных институтов на деятельность людей, организаций, реализующее общественные потребности и интересы субъектов лесных отношений в неразрывной связи с сохранением окружающей природной среды.

Состав функций динамичен: изменение социально-экономических условий приводит к отмиранию одних функций и появ-

лению новых, которые должны выполняться определенными структурами.

Центральным вопросом любой экономической системы являются проблемы собственности и эффективного управления собственностью. Трансформация отношений собственности на лесной фонд в переходной экономике будет осуществляться с учетом двух взаимосвязанных тенденций: с одной стороны, исторических и национальных особенностей и традиций российского общества, с другой – в русле главной тенденции общемировой трансформации собственности, выражающейся в преодолении однодоминантной, преимущественно частной, и переходе к смешанной структуре собственности.

На лесной фонд сохранится преимущественно государственная собственность. Политико-экономическим основанием командно-административной системы стало сращивание, в определенной мере, отождествление государственной власти и государственной собственности, что привело к замене экономических методов управления административными, к дезорганизации экономических стимулов хозяйствующих субъектов. В основе механизма управления лежала не столько экономическая целесообразность, сколько властный механизм той или иной управленческой структуры, отношения власти – подчинения.

Переходный характер юридических конструкций прав собственности в отношении государственного имущества и, соответственно, управления им выражается в установлении права хозяйственного ведения, передаче полномочий собственника по управлению государственным имуществом и другие. Система управления использованием и воспроизводством лесов базируется на собственности на лесной фонд – вещное право – и обязательственных правах. Передавая отдельные полномочия владения, пользования и даже распоряжения лесным фондом, государство не теряет своего права собственности на лесной фонд.



Структурируем права собственности и функции государственного управления федеральной государственной собственностью на лесной фонд.

Прогнозирование (предвидение) базируются на анализе конкретных условий внутренней и внешней среды. Результатом этой функции управления должна явиться выработка стратегии: определение и официальное утверждение приоритетных целей, закрепленное в лесной политике.

Стратегия государственного управления лесами определена в Концепции развития лесного хозяйства до 2010 года, в программных документах по устойчивому развитию и устойчивому управлению лесами. Принятие стратегических решений по управлению государственной федеральной собственностью на лесной фонд принадлежит собственнику, то есть государству.

В развитых правовых системах правоотношения, соответственно, и экономические отношения с публичной властью устанавливаются законом. Программные – нормативные – функции управления включают подготовку проектов законодательных и нормативных актов; разработку политики, реализуемую в программах, концепциях; разработку и утверждение правил, методических положений, рекомендаций в конкретных сферах лесного хозяйства. По сути, данные функции направлены на реализацию правомочия распоряжения собственностью.

Государственная федеральная собственность на лесной фонд предполагает закрепление этих функций за публичными централизованными государственными структурами законодательной и исполнительной властей. Федеративное устройство Российского государства определяет закрепление правомочия распоряжения в рамках программных – нормативных – функций за Российской Федерацией и субъектами Российской Федерации в соответствии с законодательством.

Право владения определяется полномочиями в принятии решений по передаче

собственности в управление, пользование, самостоятельной организации пользования или бездействия по отношению к объекту собственности, получения доходов от собственности и несение затрат на ее содержание в соответствии с нормативно-правовыми актами, регулирующими лесные отношения. Ресурсное обеспечение выполнения цели и задач, определенных стратегией развития лесного хозяйства, является гарантией их выполнения.

Особенностью экономической организации лесного хозяйства в командно-административной экономике было отсутствие связи между доходами и расходами на лесное хозяйство, что противоречит основам рыночной экономики и экономической сущности организации хозяйства. Владелец собственности обязан соизмерять доходы, получаемые от эксплуатации этой собственности, с расходами на ее содержание или изыскивать дополнительные ресурсы, то есть иметь мотивацию к эффективному использованию собственности. Выполнение этого основного принципа рыночной организации является важнейшим условием устойчивого развития лесного хозяйства.

В рыночной экономике правомочие – «владение» – лесным фондом целесообразно возложить на саморегулируемую государственную структуру, функционирующую на принципах предпринимательства и мотивированную на увеличение дохода от лесного хозяйства и возрастание ценности государственного имущества – лесов.

Контроль означает оценку деятельности субъектов лесных отношений и предполагает разработку стандартов, индикаторов, критериев, сопоставление с ними реальных результатов и принятие необходимых корректирующих решений. Средствами для проведения контроля могут быть бюджеты доходов и расходов, стандарты, программы, нормативы.

Для непрерывного отслеживания ключевых характеристик системы проводят мониторинг, что позволяет оперативно вы-

являть и реагировать на возникшие отклонения. Функции координации, надзора и контроля за исполнением нормативно-правовых актов, выполнением общей стратегии государственного управления лесами должны выполняться теми же структурами, на которые возложены программные – нормативные – функции. Контроль обеспечивает обратную связь, цикличность процесса управления.

Организация структуры государственной лесной службы на уровне субъекта Российской Федерации и районном (межрайонном) уровне основана на делегировании отдельных функций и полномочий государственного управления лесами на нижние уровни управления. Делегирование полномочий и функций осуществляется на оценке того, какой уровень управления приближен к реализации функции.

На федеральном и субфедеральном уровнях управления преобладают программные – нормативные – функции управления, на нижнем уровне – контрольные и надзорные функции. Единство целей и непротиворечивость задач, реализуемых органами Государственной лесной службы по единой централизованной вертикали, создает реальные условия для их выполнения.

При проектировании организаций, осуществляющих хозяйственное управление лесами, необходимо рассматривать лесопользование и лесовосстановление как составные части единого процесса воспроиз-

водства лесов. Это не означает, что все работы в лесу: рубка, лесовосстановление, уход за лесом – должны выполняться силами одной организации. Хотя преимущество вертикально интегрированных структур, ориентированных на комплексное ведение лесного хозяйства и использование древесных ресурсов, в основном в уже освоенных и истощенных лесах доказано опытом организации лесного сектора в развитых зарубежных странах – США, Финляндии, Швеции, Японии и др.

Отечественный опыт комплексного ведения лесного хозяйства в советский период в нашей стране также имеет много положительных примеров. Необходимо сформировать единую экономическую организацию лесного сектора. Мы разделяем мнение ученых лесозащитников, что лесопользование и лесовыращивание есть две стороны единого процесса воспроизводства лесных ресурсов, и, чтобы процесс не шел однобоко, обе его стороны должны строиться на равных экономических условиях.

Важным этапом организационного проектирования структур государственного и хозяйственного управления лесами является выработка рациональной организации выполнения функций управления лесами на базе государственного и частного секторов. Отбор функций в процессе организационного проектирования должен производиться с учетом конкретных лесозащитных условий и быть экономически обоснованным.

Раздел «Охотоведение» предлагает вниманию читателей серию статей известного специалиста в области охотоведения Н.Н. Харченко. Статьи «Жизненные формы норных зверей Среднего Подонья», «Экоморфы норных зверей Среднего Подонья», «Структура, размеры поселений и индивидуальных участков норных зверей Среднего Подонья» и «Трофические жизненные формы норных зверей Среднего Подонья» посвящены изучению жизненных форм норных млекопитающих, внешнего облика норных зверей, морфотипов, рационального заселения территории и оптимального использования кормовых ресурсов.

## ЖИЗНЕННЫЕ ФОРМЫ НОРНЫХ ЗВЕРЕЙ СРЕДНЕГО ПОДОНЬЯ

Н.Н. ХАРЧЕНКО, доц. ВГЛТА, канд. биол. наук

**Ж**изненная форма – одно из основных понятий экологической морфологии. Это «... единица экологической системы организмов с внешним сходством в облике и поведении» (Шарова, Свешников, 1988); «... ключевая характеристика, позволяющая разграничивать и узнавать наземные биомы» (Одум, 1986). Выделение жизненных форм и оперирование ими приобретает обязательный характер практически при любых экологических исследованиях.

Изучение жизненных форм норных млекопитающих дает возможность получить многогранную характеристику их сообществ. Спектры жизненных форм норников для биоценозов и популяций несут экологическую информацию о роли видов в трофических цепях, их биотопическом распределении, степени защищенности от факторов среды и многом другом. Они характеризуют стратегию норных видов в биоценозе, само состояние биоценозов; могут быть использованы для целей экологического мониторинга как биоиндикаторы среды.

Последнее особенно актуально в условиях высокого антропогенного пресса на природные экосистемы региона, лесостепной ландшафт которого преобразован в лесополье.

Иерархические жизненные формы выделяются по ведущему экологическому признаку, который в наибольшей степени влияет на морфо-адаптивный облик организмов. В отношении норных зверей таким ведущим экологическим признаком является степень связи их с норой или системой нор различного функционального назначения. Кроме того,

учитывались: принадлежность видов к тому или иному экологическому типу, тип экстерьера, способ передвижения, пищевая специализация, особенности жизненного цикла и многое другое. Для обозначения жизненных форм использовалась экологическая терминология в сочетании с морфологической.

Предлагаемая система иерархических жизненных форм норных зверей региона построена на основе объединения экоморф и параллельных жизненных форм.

1. Первичные активные норники – аэрогеобионты компактного дилокомоторного дорзомобильного псового типа, плотоядные, с круглогодичной активностью: волк, лисица обыкновенная, корсак.

Виды принадлежащие к жизненной форме характеризуются:

- компактным типом экстерьера;
- дилокомоторным дорзомобильным способом бега;
- однофазным выковыривающим типом рытья;
- сооружением глубоких нор различной сложности, без выстилки в гнездовой камере;
- активным занятием чужих нор, иногда с их частичным переустройством;
- активным использованием для отдыха, а в определенных условиях и для выведения потомства, наружных лежек и логовищ;
- отсутствием на занимаемых территориях каких-либо нежилых наружных сооружений;

- выраженным территориальным поведением;
- преобладанием в кормовом рационе теплокровных животных;
- склонностью к падальничеству и всеядности;
- отсутствием запасания кормов;
- длительной продолжительностью жизни;
- средним и поздним половым созреванием;
- низкой репродуктивностью;
- ночной двухфазной или полифазной суточной активностью;
- круглогодичной активностью;
- широкими кормовыми кочевками, переходящими в бродяжничество;
- сезонными, обратимыми миграциями.

2. Вторичные пассивные норники – аэрогеобионты компактного дилокомоторного дорзостабильного иглистого (ежиного) типа, насекомо-плотоядные, зимоспящие: европейский, ушастый и белогрудый ежи.

Виды, принадлежащие к жизненной форме, характеризуются:

- компактным типом экстерьера;
- дилокомоторным дорзостабильным способом бега;
- однофазным выковыривающим типом рытья;
- сооружением плотных открытых и закрытых зимовочных и выводковых гнезд, располагаемых в простых неглубоких полунорах, прикомлевых дуплах, под приподнятой дерниной или в иных пригодных для этих целей полостях;
- отсутствием на занимаемой территории нежилых сооружений;
- использованием для укрытия и дневного отдыха различных случайных полостей;
- слабо развитым территориальным поведением;
- преобладанием в кормовом рационе беспозвоночных, мелких грызунов и пресмыкающихся;
- отсутствием кормовых запасов;
- сравнительно высокой продолжительностью жизни;

- средними сроками полового созревания (к весне следующего года);
- низкой репродуктивной способностью;
- ночной двухфазной активностью;
- зимней спячкой с пробуждением в оттепели;
- отсутствием регулярных, периодических, обратимых миграций.

3. Вторичные пассивные норники – аэрогеобионты компактного металокомоторного мышиноного типа, зерноядные, с круглогодичной активностью: домовая мышь, лесная мышь, желтогорлая мышь, полевая мышь, мышь-малютка.

Виды, принадлежащие к жизненной форме, характеризуются:

- компактным типом экстерьера;
- металокомоторным способом бега;
- двухфазным когте-резцово-грудным типом рытья;
- сооружением выводковых гнезд в простых неглубоких норах, в прикомлевых дуплах, иных пригодных для этих целей полостях, а также открытых гнезд;
- отсутствием на занимаемой территории нежилых сооружений, в том числе тропиной сети;
- использованием для укрытия и дневного отдыха различных случайных полостей;
- слабо развитым территориальным поведением;
- преобладанием в кормовом рационе семян;
- постоянным запасанием кормов, часто в значительных количествах;
- короткой продолжительностью жизни;
- ранними сроками полового созревания;
- высокой репродуктивной способностью;
- ночной двухфазной, монофазной, полифазной или нейтральной полифазной суточной активностью;
- круглогодичной активностью;
- хорошо выраженными сезонными кормовыми миграциями.

4. Вторичные пассивные норники – аэрогеобионты компактного металокомоторного лазающего типа, семено-плодо-насеко-

моядные, зимоспящие: соня-полчок, лесная соня, садовая соня, орешниковая соня, лесная мышовка, степная мышовка, южная мышовка, темная мышовка.

Виды, принадлежащие к жизненной форме, характеризуются:

- компактным типом экстерьера;
- металокомоторным способом бега;
- активным древесно-кустарниковым образом жизни;
- двухфазным резцово-грудным типом рытья;
- сооружением наземных гнезд, а также гнезд в дуплах, простых норах;
- отсутствием на занимаемой территории нежилых сооружений;
- использованием для укрытия и дневного отдыха различных случайных полостей, дупел, искусственных гнездовых для птиц;
- слабо развитым территориальным поведением;
- преобладанием в кормовом рационе семян и насекомых;
- отсутствием кормовых запасов;
- средними продолжительностью жизни и половым созреванием;
- низкой репродуктивной способностью;
- ночной двухфазной и нейтральной полифазной суточной активностью;
- зимней спячкой с возможными пробуждениями в оттепели;
- отсутствием сезонных периодических миграций.

5. Вторичные пассивные норники – аэростратогеобионты компактного металокомоторного землеройкового типа, насекомоядные с круглогодичной активностью: обыкновенная бурозубка, малая бурозубка, средняя бурозубка, крошечная бурозубка, малая белозубка, белобрюхая белозубка.

Виды, принадлежащие к жизненной форме, характеризуются:

- компактным типом экстерьера;
- металокомоторным способом бега;
- однофазным выковыривающим с элементами раздвигания типом рытья;
- сооружением наземных гнезд, а также гнезд в трухлявых пнях, под валежом,

кучами хвороста, в брошенных норах полевков или в простых неглубоких собственных норах;

- отсутствием на занимаемой территории нежилых сооружений, в том числе тропиной сети (предпочитают передвигаться ходами чужих нор, под прикрытием валежа или вдоль него);
- активным использованием для укрытия и дневного отдыха брошенных чужих нор, различных полостей;
- слабо развитым территориальным поведением;
- преобладанием в кормовом рационе беспозвоночных животных;
- запасанием на короткое время семян и беспозвоночных в небольших количествах;
- короткой продолжительностью жизни;
- средними сроками полового созревания (к весне следующего года);
- высокой репродуктивной способностью;
- нейтральной полифазной суточной активностью;
- круглогодичной активностью;
- отсутствием периодических миграций.

6. Вторичные пассивные норники – аэростратогеобионты, растянутого металокомоторного дорзомобильного горностаевого типа, плотоядные, с круглогодичной активностью: ласка, горностай, перевязка, степной и лесной хори.

Виды, принадлежащие к жизненной форме, характеризуются:

- растянутым типом экстерьера;
- металокомоторным дорзомобильным способом бега;
- однофазным выковыривающим типом рытья с элементами раздвигания;
- сооружением простых нор с выстилкой гнездовой камеры (в отдельных случаях возможно сооружение наружных гнезд);
- активным занятием нор своих жертв, с частичным их переустройством;
- отсутствием на занимаемой территории каких-либо нежилых сооружений;

- слабо развитым территориальным поведением;
- преобладанием в кормовом рационе теплокровных животных (преимущественно грызунов);
- периодическим запасанием кормов в небольших количествах;
- средними значениями продолжительности жизни;
- ранним или средним возрастом полового созревания;
- относительно низкой репродуктивностью;
- нейтральной полифазной и ночной двухфазной суточной активностью;
- круглогодичной активностью;
- широкими кормовыми кочевками, в соответствии с местами концентрации (колонии) своих жертв.

7. Вторичные пассивные норники – аэрогидрогеобионты, растянутого металокомоторного дорзомобильного выдрового типа, плотоядные, с круглогодичной активностью: речная выдра, европейская и американская норки.

Виды, принадлежащие к жизненной форме, характеризуются:

- растянутым типом экстерьера;
- металокомоторным дорзомобильным способом бега;
- наличием приспособлений к полуводному и околководному образу жизни (плавательные перепонки, оторочка пальцев щетинистыми волосками, клапаны в слуховых проходах и ноздрях, смыкающиеся при нырянии, подвижный массивный хвост, особая структура мехового покрова и др.);
- сооружением небольших примитивно устроенных нор с выстилкой гнездовой камеры;
- склонностью заселять чужие брошенные норы и различного рода полости вблизи воды;
- наличием на занимаемом участке, периодически занимаемых мест-укрытий;
- выраженным территориальным поведением;

- преобладанием в кормовом рационе рыбы, земноводных и мелких грызунов;
- запасанием в небольших количествах кормов на зиму;
- высокой продолжительностью жизни;
- средним и поздним половым развитием;
- низкой репродуктивностью;
- ночной двухфазной суточной активностью;
- круглогодичной активностью;
- отсутствием периодических кочевок за пределы занимаемого кормового участка.

8. Вторичные активные норники – аэростратогеобионты вальковатого металокомоторного полевкового типа, зеленоядные, с круглогодичной активностью: обыкновенная полевка, темная полевка, восточно-европейская полевка, полевка-экономка, рыжая лесная полевка, степная пеструшка.

Виды, принадлежащие к жизненной форме, характеризуются:

- вальковатым типом экстерьера;
- металокомоторным способом бега;
- двухфазным когте-резово-головным типом рытья;
- полным набором нор различной функциональной принадлежности;
- устройством наружных гнезд или обильной выстилки гнездовой камеры;
- активным обустройством населяемой территории (тропиночная сеть, кормовые столики и др.);
- выраженным территориальным поведением;
- преобладанием в кормовом рационе зеленых надземных и подземных частей растений;
- активным запасанием зимних кормов;
- низкой продолжительностью жизни;
- ранним половым развитием;
- высокой репродуктивной способностью;
- нейтральной полифазной суточной активностью;
- круглогодичной активностью;
- кормовыми и сезонными перемещениями.

9. Вторичные активные норники – аэрогидрогеобионты компактно-вальковатого металокомоторного выхухолевого типа, насекомоядные, с круглогодичной активностью: русская выхухоль.

Вид, представляющий жизненную форму, характеризуется:

- компактно-вальковатым типом экстерьера;
- металокомоторным способом бега;
- наличием приспособлений к полуводному образу жизни (плавательные перепонки, плавательный ланцетовидный хвост, запирающие клапаны, особая структура шерстного покрова и т.д.);
- однофазным выковыривающим типом рытья;
- полным набором нор различной функциональной принадлежности;
- устройством временных открытых гнезд в половодье;
- активным обустройством населяемой территории (донные подходные пути к норе, наружные тропы-траншеи, соединяющие водоемы, кормовые столики);
- выраженным территориальным поведением;
- относительной всеядностью с преобладанием животной пищи (беспозвоночные);
- отсутствием существенных кормовых запасов;
- средними продолжительностью жизни и сроками полового созревания;
- низкой репродуктивностью;
- нейтральной полифазной суточной активностью;
- весенними миграциями и расселением.

10. Вторичные активные норники – аэрогидрогеобионты вальковатого металокомоторного землеройкового типа, насекомоплотоядные, с круглогодичной активностью: водяная и малая куторы.

Виды, принадлежащие к жизненной форме, характеризуются:

- выражено вальковатым типом экстерьера;
- металокомоторным способом бега;

- наличием приспособлений к околоводному образу жизни (плавательная оторочка из жестких щетинистых волос, хвост с гребневым килем и т.д.);
- однофазным выковыривающим типом рытья;
- устройством простых нор (полунор) или шарообразных гнезд, располагаемых в различных полостях у воды;
- отсутствием на занимаемой территории нежилых сооружений;
- слабо выраженным территориальным поведением;
- плотоядной эврифагией с предпочтением «мягкой» добычи;
- небольшими зимними запасами кормов («стеклянных лягушек»);
- низкой продолжительностью жизни;
- средними сроками полового созревания;
- высокой репродуктивной способностью;
- нейтральной полифазной суточной активностью;
- круглогодичной активностью;
- отсутствием периодических массовых миграций.

11. Вторичные активные норники – аэрогидрогеобионты вальковатого металокомоторного крысиного типа, всеядные, с круглогодичной активностью: серая и черная крысы.

Виды, принадлежащие к жизненной форме, характеризуются:

- вальковатым типом экстерьера;
- металокомоторным способом бега;
- наличием приспособлений к околоводному и древесно-кустарниковому образу жизни (плавательные перепонки, длинные хвосты и др.);
- двухфазный резцово-грудной тип рытья;
- устройство сложных лабиринтов нор и гнезд в различных полостях;
- отсутствием на занимаемой территории нежилых сооружений;
- слабо выраженным территориальным поведением;
- абсолютной всеядностью;

- выраженной синантропностью;
- нейтральной полифазной суточной активностью;
- круглогодичной активностью;
- способностью переселяться на большие расстояния.

12. Вторичные активные норники – геоаэриобионты компактного металокомоторного хомячкового типа, семено-зеленоядные, с круглогодичной активностью: серый хомячок.

Вид, представляющий жизненную форму, характеризуется:

- компактным типом экстерьера;
- металокомоторным способом бега;
- подобием двухфазного резцово-головного типа рытья (разрыхленную землю выносит в защечных мешках);
- сооружением сложных, но неглубоких нор, с крупным гнездом в гнездовой камере;
- охотным поселением в брошенных норах или по краям жилых колоний других грызунов;
- натаптыванием к лазам нор коротких тропинок (1–2 м);
- не четко выраженным территориальным поведением;
- достаточно высокой разнородностью, с преобладанием в кормовом рационе зелени и семян;
- постоянным запасанием кормов;
- долгожительством и средними сроками полового созревания;
- средними значениями половой продуктивности;
- нейтральной полифазной суточной активностью;
- круглогодичной активностью с некоторым понижением ее в зимнее время и питанием запасами из семян и зерна;
- регулярным переселением в поисках обильного и питательного корма на поля сельскохозяйственных культур.

13. Вторичные активные норники – геоаэриобионты вальковатого металокомоторного барсучинового типа, насекомоплотоядные, зимоспящие: европейский барсук.

Вид, представляющий жизненную форму, характеризуется:

- вальковатым типом экстерьера;
- металокомоторным способом бега;
- однофазным выковыривающим типом рытья;
- сооружением сложных глубоких нор с достаточно обильной выстилкой гнездовой камеры;
- выраженной тропиной сетью в направлении кормовых полей;
- четко выраженным территориальным поведением;
- достаточно высокой разнородностью, с преобладанием в кормовом рационе беспозвоночных и мелких грызунов;
- отсутствием кормовых запасов;
- долгожительством, поздним созреванием, низкой половой продуктивностью;
- ночной монофазной суточной активностью;
- зимним сном, с пробуждением в оттепели;
- отсутствием периодических миграций на большие расстояния.

14. Вторичные активные норники – геоаэриобионты вальковатого металокомоторного сусликового типа, семено-зеленоядные, зимоспящие: крапчатый и малый суслики.

Виды, представляющие жизненную форму, характеризуются:

- вальковатым типом экстерьера;
- металокомоторным способом бега;
- двухфазным когте-резцово-грудным типом рытья;
- сооружением простых, но достаточно глубоких нор с обильной выстилкой гнездовой камеры;
- отсутствием тропиной сети в поселениях;
- не выраженным территориальным поведением;
- преобладанием в кормовом рационе семян, зелени, корней и клубней растений;
- слабым инстинктом запасания кормов;
- средними продолжительностью жизни, сроками полового созревания, половой продуктивностью;



- дневной двухфазной суточной активностью;
- зимним глубоким сном;
- сезонными кормовыми миграциями.

15. Вторичные активные норники – геоаэробиионты вальковатого металокомоторного сурочьего типа, зеленоядные, зимоспящие: степной сурок – байбак.

Вид, представляющий жизненную форму, характеризуется:

- вальковатым, несколько вытянутым типом экстерьера;
- металокомоторным способом бега;
- двухфазным когте-резцово-уплотняющим типом рытья;
- сооружением сложных очень глубоких нор, с обильной подстилкой в гнездовой камере;
- глубоко протоптанными наружными тропинками между норами различного функционального назначения и кормовым полем;
- хорошо выраженным территориальным поведением;
- преобладанием в кормовом рационе зеленых частей растений разнотравно-дерновинно-злаковых степей;
- отсутствием зимних кормовых запасов;
- долгожительством, поздним созреванием и низкой репродуктивной способностью;
- дневной двухфазной суточной активностью;
- зимним глубоким сном с короткими пробуждениями без выхода за пределы тщательно закупоренной норы;
- расселением в пределах обитаемой территории и переселением на большие расстояния.

16. Вторичные активные норники – геоаэробиионты, вальковатого металокомоторного хомякового типа, всеядные, зимоспящие: хомяк обыкновенный.

Вид, представляющий жизненную форму, характеризуется:

- вальковатым типом экстерьера;
- металокомоторным способом бега;

- двухфазным резцово-головным типом рытья с выносом измельченного грунта в защечных мешках;
- сооружением сложных по устройству, глубоких нор различного функционального назначения, с обильной подстилкой в гнездовой камере;
- отсутствием наружных нежилых сооружений и коммуникаций;
- хорошо выраженным территориальным поведением, однако, с тщательной охраной лишь небольшой площадки вокруг норы;
- преобладанием в кормовом рационе семян, но с явной склонностью к эврифагии;
- регулярным запасанием кормов на зиму, особенно отборных и обильных;
- долгожительством, но с достаточно ранним половым созреванием и высокой половой продуктивностью;
- нейтральной полифазной суточной активностью;
- зимним сном с периодическим пробуждением в оттепели, возможным выходом наружу и питанием;
- кормовыми осенними миграциями на значительные расстояния.

17. Вторичные активные норники – геоаэробиионты вальковатого металокомоторного тушканчикового типа, зеленоядные, зимоспящие: большой тушканчик.

Вид, представляющий жизненную форму, характеризуется:

- вальковатым типом экстерьера;
- высшей формой металокомоторного способа бега – двуногим рикошетом;
- двухфазным резцово-грудным типом рытья;
- сооружением несложных по строению и относительно неглубоких нор различного функционального назначения, с выстилкой гнездовой камеры;
- отсутствием наружных нежилых сооружений и коммуникаций;
- слабо выраженным территориальным поведением;

- смешанным питанием с преобладанием в кормовом рационе корней и клубней растений;
- отсутствием инстинкта запасаения кормов;
- средними продолжительностью жизни и сроками полового созревания;
- низкой половой продуктивностью;
- ночной двухфазной суточной активностью;
- крепким продолжительным сном (без перерывов);
- отсутствием периодических массовых миграций.

18. Вторичные активные норники – геоаэробиионты вальковатого металокомоторного емуранчиковаго типа, семено-зеленоядные, зимоспящие: обыкновенный емуранчик.

Вид, представляющий жизненную форму, характеризуется:

- вальковатым типом экстерьера;
- высшей формой металокомоторного способа бега – двуногим риколетом;
- двухфазным резцово-грудным типом рытья;
- сооружением несложных по строению и относительно неглубоких нор с выстилкой гнездовой камеры;
- отсутствием наружных нежилых сооружений и коммуникаций;
- слабо выраженным территориальным поведением;
- преобладанием в кормовом рационе семян и зеленых частей растений;
- отсутствием инстинкта запасаения кормов;
- средними продолжительностью жизни, сроками полового созревания и низкой половой продуктивностью;
- ночной двухфазной суточной активностью;
- зимней спячкой с пробуждением в оттепели;
- отсутствием периодических массовых миграций.

19. Облигатные норники – геобионты вальковатого металокомоторного кротового

типа, насекомоядные, с круглогодичной активностью: обыкновенный крот.

Вид, представляющий жизненную форму, характеризуется:

- вальковатым типом экстерьера;
- примитивным наружным металокомоторным способом бега;
- однофазным вклинивающим типом рытья;
- сооружением сложной многофункциональной норы с гнездовой камерой, полностью заполняемой подстилкой из материалов, обладающих противоревматическими, антисептическими и теплоизолирующими свойствами;
- строгим соблюдением границ своих индивидуальных участков;
- преобладанием в кормовом рационе беспозвоночных животных (особенно дождевых червей);
- сбором зимних кормовых запасов из дождевых червей;
- средними продолжительностью жизни, сроками полового созревания и низкой половой продуктивностью;
- нейтральной полифазной суточной активностью с пиками кормодобывания в утренние и вечерние часы;
- круглогодичной активностью со снижением подвижности в зимнее время и существенным сокращением потребления пищи.

20. Облигатные норники – геобионты вальковатого металокомоторного слепышового типа, корнееды, с круглогодичной активностью: обыкновенный слепыш, обыкновенная слепушонка.

Виды, представляющие жизненную форму, характеризуются:

- вальковатым типом экстерьера;
- примитивным наружным металокомоторным способом бега;
- двухфазным резцово-грудным или резцово-головным типом рытья;
- сооружением сложных многофункциональных нор с подстилкой в гнездовой камере;
- преобладанием в кормовом рационе подземных частей растений;

- сбором зимних кормовых запасов;
- относительно высокой продолжительностью жизни, средними сроками полового созревания и низкой половой продуктивностью;
- нейтральной полифазной и двухфазной суточной активностью;
- круглогодичной активностью, со снижением подвижности в зимнее время;
- отсутствием дальних переселений.

21. Факультативные норники аэрогидрогеобионты компактного металокомоторного бобрового типа, зелено-дендроядные, с круглогодичной активностью: европейский бобр, ондатра.

Виды, составляющие жизненную форму, характеризуются:

- компактным типом экстерьера;
- примитивным наружным металокомоторным способом бега;
- наличием приспособлений к полуводному образу жизни (плавательные перепонки, уплощенный плавательный хвост, запирающие клапаны, особой структуры меховой покров и т.д.);
- двухфазным когте-резцово-грудным типом рытья;
- сооружением системы нор различной сложности строения и функциональной принадлежности с гнездовой камерой, содержащей выстилку;
- наличием в определенных условиях наружных жилых сооружений (хатки, полухатки и т.д.);
- широко представленной сетью нежилых сооружений и наружных комму-

никаций (плотины, каналы, ледянки и мн. др.);

- развитым территориальным поведением;
- явной склонностью к фито-дендрофагии;
- накоплением в определенных условиях зимних кормовых запасов;
- высокой продолжительностью жизни, поздним половым созреванием, низкой или средней половой продуктивностью;
- ночной полифазной суточной активностью;
- круглогодичной активностью;
- способностью к дальнему расселению;
- отсутствием периодических кормовых миграций.

Как видим, иерархические жизненные формы норных зверей представляются, по сравнению с параллельными, более дробными за счет разнообразных вариантов сочетания последних. Иерархические жизненные формы норных зверей оказываются наиболее близкими к систематическим группам в ранге семейств. Однако полного тождества здесь все же не наблюдается, даже при комбинациях предельно полного набора параллельных жизненных форм.

#### Список литературы

1. Одум Ю. Экология / Ю. Одум. – М.: Мир, 1986. – Т. II. – 376 с.
2. Шарова И.Х. Проблемы экологической морфологии / И.Х. Шарова, В.А. Свешников. – М.: Знание, 1988. – 64 с.

## ЭКОМОРФЫ НОРНЫХ ЗВЕРЕЙ СРЕДНЕГО ПОДОНЬЯ

Н.Н. ХАРЧЕНКО, доц. ВГЛТА, канд. биол. наук

**В**о внешнем облике норных зверей наблюдается значительное сходство, определяемое их приспособлением к среде обитания и к определенному образу жизни в ней. Подобное приспособление (адаптация) представляет собой комплекс морфофункциональных изменений, которые, не меняя типичных для млекопитающих черт строе-

ния органов и их функций, выражают в той или иной степени приспособленность к использованию условий среды.

Изучение морфотипов, в сочетании с экологическими группами, уровнем связи с норой и типами сооружающей деятельности, дает возможность составить следующие экоморфы норных зверей Среднего Подонья.

1. Первичные активные норники – аэрогеобионты компактного дилокомоторного дорзомобильного псового типа (все виды сем. Псовых).

2. Вторичные пассивные норники – аэрогеобионты компактного дилокомоторного дорзостабильного иглистого типа (все виды сем. Ежей).

3. Вторичные пассивные норники – аэрогеобионты компактного металокомоторного мышинового типа (все виды сем. Мышей, Мышовок, Сонь).

4. Вторичные пассивные норники – аэростратогеообионты компактного металокомоторного землеройкового типа (все виды родов Бурозубок и Белозубок).

5. Вторичные активные норники – аэростратогеообионты вальковатого металокомоторного дорзомобильного горностаевого типа (ласка, горностаи, степной и лесной хорь).

6. Вторичные пассивные норники – аэрогидрогеобионты растянутого металокомоторного дорзомобильного выдрового типа (речная выдра, европейская и американская норки).

7. Вторичные активные норники – аэростратогеообионты вальковатого металокомоторного полевкового типа (все виды сем. Полевков, степная пеструшка).

8. Вторичные активные норники – аэрогидрогеобионты компактного металокомоторного выхухолевого типа (русская выхухоль).

9. Вторичные активные норники – аэрогидрогеобионты вальковатого металокомоторного землеройкового типа (виды рода Кутор).

10. Вторичные активные норники – аэрогидрогеобионты вальковатого метало-

комоторного крысиного типа (серая и черная крысы, водяная полевка).

11. Вторичные активные норники – геоаэробионты компактного металокомоторного хомячкового типа (серый хомячок).

12. Вторичные активные норники – геоаэробионты вальковатого металокомоторного барсучинового типа (европейский барсук).

13. Вторичные активные норники – геоаэробионты вальковатого металокомоторного сусликового типа (крапчатый и малый суслики).

14. Вторичные активные норники – геоаэробионты вальковатого металокомоторного тушканчикового типа (большой тушканчик, обыкновенный емуранчик).

15. Облигатные норники – геоаэробионты вальковатого металокомоторного кротового типа (обыкновенный крот).

16. Облигатные норники – геоаэробионты вальковатого металокомоторного слепышового типа (обыкновенный слепыш, обыкновенная слепушонка).

17. Факультативные норники – аэрогидрогеобионты компактного металокомоторного бобрового типа (европейский бобр, ондатра).

Как видим, наибольшее количество экоморф (50 %) образуют вторичные активные норники – геоаэробионты, устраивающие в норах свои, когда-то наружные, гнезда. Все эти виды имеют вальковатую форму тела и металокомоторный способ бега, позволяющие им оптимально сочетать подземное и наземное существование. На примере рассматриваемых экоморф четко прослеживается эволюционный путь становления норных зверей как экологической группы.

## СТРУКТУРА, РАЗМЕРЫ ПОСЕЛЕНИЙ И ИНДИВИДУАЛЬНЫХ УЧАСТКОВ НОРНЫХ ЗВЕРЕЙ СРЕДНЕГО ПОДОНЬЯ

Н.Н. ХАРЧЕНКО, доц. ВГЛТА, канд. биол. наук

Биологической особенностью, исключаящей возможность перенаселения, а также обеспечивающей рациональное заселение территории и оптимальное использование кормовых ресурсов, является наличие у многих высших животных индивидуальных участков. Их постоянство, форма, размеры во

многом зависят от кормовой специализации вида, способов добывания корма, его сезонной доступности и т.д. Определенную роль в образовании и ограничении индивидуального участка выполняет гнездовая нора, куда норные звери вынуждены, с целью надежного укрытия, регулярно возвращаться.

*Насекомоядные звери* добывают корм собирательством с поверхности почвы, в напочвенном покрове, проникают в различные полости, другие места концентрации беспозвоночных, раздвигают в этих целях подстилку и даже копают поверхностные рыхлые горизонты почвы. Не случайно у многих из них слабо развито территориальное поведение. Они много перемещаются в поисках корма, часто используют уже освоенные для себя маршруты, прокладывают специальные кормовые ходы, тропы, донные каналы. При достаточном количестве корма придерживаются все же своего индивидуального участка.

Ежи много и даже беспорядочно бродят в поисках корма вокруг своей гнездовой норы (логова). Обычно индивидуальные участки различных особей в значительной части пересекаются, но это не приводит к выяснению территориальных отношений (Строганов, 1957). При дефиците кормов суточный жировой ход ежей удлиняется, они уже не возвращаются к своему постоянному логову и их передвижения приобретают вид миграций, в процессе которых зверьки отдыхают в любой подходящей для этого полости. Многоядность ежей ограничивает в какой-то степени их пространственные кормовые передвижения.

Для многих представителей отряда Насекомоядных характерно передвижение по тропам, проложенным по местам высокой концентрации кормов. Такими подземными тропами для обыкновенных кротов являются их кормовые ходы, по которым добыча собирается в процессе многократных регулярных передвижений. Русская выхухоль в поисках корма также придерживается своих донных путей-борозд, таская пищу к своим кормовым столикам или в специальные кормовые норы.

Все виды семейства Землероек регулярно меняют станции обитания. Весной они концентрируются в местах более высокой инсоляции по причине большей плотности там беспозвоночных. Летом ведут еще более свободно-подвижный образ жизни, отдыхая в случайных полостях, но все же в пределах определенного участка. Осенью и зимой их

индивидуальные участки более четко очерчены. Территориально они у разных особей и видов могут пересекаться и даже совпадать. Все Землеройки (особенно водяная и малая куторы) охотно посещают ходы жилищ бобров, выхухолей, водяных крыс, где находят в зимнее время подходящий для себя корм.

Территориальное поведение норных зверей из отряда Хищных наиболее хорошо выражено. Их индивидуальная (семейная) охотничья территория отличается постоянством, высоким уровнем маркировочной очерченности и достаточно активной физической защитой.

Логово (окружающая выводковую нору крепь) волков четко очерчено. Логова располагаются или в центре, или в одной из самых пригодных частей охотничьего семейного участка. На Среднем Подонье волки склонны к территориальному консерватизму. Они постоянно придерживаются одних и тех же мест размножения и передвижения. Размер обособленного охотничьего участка семейной группы равен 350–500 км<sup>2</sup>. Охотничий участок имеет чаще всего форму неправильного овала. Суточные переходы достигают 25–60 км. Уходя от своего коренного места, волки через некоторое время (обычно в пределах недели) возвращаются к нему, замкнув круг. Более или менее широко бродяжничают семейная группа, для пары это свойственно уже меньше, а волки – одиночки еще с большим постоянством придерживаются своего района.

Границы индивидуальных участков лисицы изменчивы и зависят от обилия и стабильности кормов в их пределах. Передвижение по участку достаточно интенсивное, но лисица использует отдельные его части неравномерно. Обычно весь свой участок обходит за 6–12 суток, из которых 4–8 суток живет на ограниченной территории. Этому зверю свойственна высокая и постоянная маркировочная активность, что вовсе не исключает пересечение участков различными особями вида.

Корсаки еще более, чем другие Псовые, любят бродить. Их степные уголья дос-

таточно обширны и неоднородны по обилию и видам кормов. Обнаружив концентрацию своих жертв, корсаки их осваивают, используя для укрытия их же норы.

Охотничий участок енотовидной собаки составляет 1–12 км<sup>2</sup> (Геллер, 1959). Суточный ход может достигать от 2 до 20 км. И эти зверьки склонны к бродяжничеству в поисках кормных мест.

Ласка обнаруживает территориальное поведение и верна своему охотничьему участку, общая площадь которого достигает 15 га. За ночь зверек проделывает жировочный путь до 2 км. Участки обитания самца и самки всегда разные.

Площадь охотничьего участка горностая всегда существенно большая (5–100 га), как и его жировочный путь (3–8 км), что объясняется преимущественной охотой этих зверьков на поверхности или в подснежных ходах своих жертв.

Индивидуальный участок норок достигает 30 га, а суточный ход 1–2 км (Данилов, Туманов, 1976). Европейская норка живет более оседло, в поисках добычи ходит определенными маршрутами, набивая тропы. Американская норка больше склонна к бродяжничеству, преодолевая за сутки до 10 км.

Хори также много кочуют и долго на одном месте не живут. Их всегда привлекают колонии жертв (сусликов, водяных крыс и др.). Лесной хорь больше привязан к своей территории, чем степной или перевязка.

От норы европейского барсука тянутся натоптанные тропы протяженностью до 3 км, ведущие к его кормовым полям и водопоям. Жирует барсук на протяжении всей ночи, к утру возвращается на отдых в свою гнездовую нору.

Охотничья территория речной выдры простирается вдоль водотока на 4–8 км. Выдры достаточно строго территориальны и охраняют свои семейные или индивидуальные участки. Для этого они маркируют их в хорошо заметных, выделяющихся на общем фоне местах (упавшие в воду деревья, камни на берегу и по руслу, края песчаных наносов, выступы берега и др.). В местах постоянной маркировки образуются уборные,

имеющие большое значение в регламентации использования выдрами территории. Однако при встрече выдры миролюбивы. Выполнив ритуал обнюхивания, сопровождающийся выделением на грунт мочи и секрета прианальных желез, они расходятся. По своему участку в безледный период передвигаются вплавь. Во время ледостава движутся нередко и по суше. Свои переходы совершают по определенному маршруту, набивая тропы, легко закапываются в снег и движутся в его толще. На одном месте выдра может охотиться 5–6 дней, затем переходит на другой участок реки. Снова возвращается на прежнее место через 2–3 недели. Подобная последовательность использования отдельных частей обширной по площади охотничьей территории также имеет адаптивный характер, стабилизирующий кормовую базу.

Для Грызунов нет необходимости в больших по площади индивидуальных участках. Их преимущественно растительные корма отличаются достаточно высокой концентрацией на единице площади и для кормодобывания, таким образом, зверькам нет необходимости далеко удаляться от норы. Грызуны, как правило, занимают закрытые станции с большим запасом кормовых растений, дающих и корм, и защиту.

Зеленоядные полевки, водяная крыса, большой тушканчик, степная пеструшка, степной сурок и др. весной выедают растительность у самой норы. Затем применяют более дальние перебежки, осваивают новые кормовые участки и устраивают вблизи них защитно-кормовые норы. Для названных видов обычен колониальный образ жизни. Свою семейную территорию обыкновенные полевки, например, метят капельками мочи; степные сурки по периферии устраивают маркировочные ямки.

Семено-зеленоядные грызуны (суслики, серый хомячок, полевая мышь, обыкновенный емуранчик) в процессе добывания корма удаляются от норы уже на несколько большие расстояния (до 500 м) и проявляют склонность к небольшим индивидуальным кормовым участкам.

Размеры индивидуальных участков мышей, мышовок, сонь зависят от урожая семян в конкретных условиях. Сони бродят относительно более широко, собирая желуди, орехи, другие семена и плоды, беспозвоночных, разбойничая в птичьих гнездах. Наиболее консервативна в отношении занимаемой территории орешниковая соня. Она придерживается одного места с хорошо развитым подлеском из лещины, занимая территорию около 2 тыс. м<sup>2</sup>.

Индивидуальный участок корнеедов (слепыш, слепушонка) ограничен системой подземных кормовых ходов. Последние имеют извилистую форму, боковые ответвления и достигают в длину 500 м.

Всеядный обыкновенный хомяк собирает корма в радиусе до 1 км от своего жилища. Его непосредственный индивидуальный участок, охватывает площадь с радиусом до 50 м и отмечается метками. Тщательно же охраняется только небольшая площадка вокруг гнездовой норы.

Всеядные серые и черные крысы, домовые мыши вблизи человеческого жилья живут оседло, придерживаясь особо кормных мест.

Из приведенного анализа следует, что структура, размеры поселений и индивидуальных участков норных зверей Среднего Подонья формируются в соответствии с локоторными возможностями зверьков, насыщенностью территории основными кормами, особенностями биоценологических отношений и другими факторами. Освоение индивидуального участка выражается в образовании в его пределах комплекса нор различного функционального назначения, в распределении по территории маркировочных точек и других следов жизнедеятельности зверьков. Все это дополняется различными уровнями физической защиты своих «владений».

### Список литературы

1. Геллер М.Х. Биология уссурийского енота, акклиматизированного на северо-западе европейской части СССР / М.Х. Геллер // Тр. НИИ сельского хоз-ва Крайнего Севера. – № 9. – 1959. – С. 14–22.
2. Данилов П.И. Куньи Северо-запада СССР / П.И. Данилов, И.Л. Туманов. – Л.: Наука, 1976. – 256 с.
3. Строганов С.У. Звери Сибири (насекомоядные) / С.У. Строганов. – М.: АН СССР, 1957. – 267 с.

## ТРОФИЧЕСКИЕ ЖИЗНЕННЫЕ ФОРМЫ НОРНЫХ ЗВЕРЕЙ СРЕДНЕГО ПОДОНЬЯ

Н.Н. ХАРЧЕНКО, доц. ВГЛТА, канд. биол. наук

Добывание корма является основным занятием животных, затрачивающих на этот процесс до 90 % времени своей активности. По спектрам питания норные звери делятся на *растительноядных*, *плотоядных* и *всеядных*. Всеядность в известной степени свойственна очень многим животным.

Плотоядные хищники поедают ягоды, молодые побеги и всходы растений, а растительноядные грызуны в своем пищевом рационе имеют значительную долю беспозвоночных животных и проявляют некоторые склонности к хищничеству.

Урбанизация территорий способствует всеядности. Вблизи жилья человека даже такие хищники как лисица становятся всеядными.

Корма животных, по их предпочтительности и поедаемым объектам, делятся на *основные*, *второстепенные* и *балластные*. Основные корма обычно представлены фоновыми видами; при питании ими животные быстро набирают вес, формируя достаточные энергетические запасы.

Второстепенные (поддерживающие) корма используются при недостатке основных, они не имеют той питательной ценности для вида, которую ему дают основные корма. Случайный корм используется время от времени; у животных в них возникает даже периодическая необходимость. Балластный корм животные поедают, чтобы заполнить желудок, при этом появляется иллюзия сытости, но сам подобный корм организмом не

усваивается. Поедание балластных кормов – признак голодания.

Одни и те же корма имеют неодинаковую пищевую ценность для различных видов животных. В этом отношении даже отдельные особи проявляют свои индивидуальные склонности. По вкусовым качествам корма делятся на *излюбленные, обычные и вынужденные*. Предпочитаемость кормов изменчива по сезонам года и в пределах географических зон.

По питательности корма делятся на *богатые концентрированными питательными веществами* (белки, жиры, углеводы) – плоды, семена, подземные части растений, позвоночные и беспозвоночные животные, *со значительным содержанием клетчатки* – зеленые части растений, побеги, ветви, кора.

Кормовые рационы норных зверей региона находятся в полном соответствии с общей трофической направленностью систематических групп ранга отряда.

Усредненный состав кормов Насекомоядных зверей включает: беспозвоночные животные – 69,5 % (в т.ч. 48,4 % членистоногие), позвоночные животные – 18,5 %, растительные корма – 9,3 %, доля падали и отбросов в рационе Насекомоядных не поднимаются выше уровня случайных кормов – 2,7 %.

Основу питания норников из отряда Хищных зверей составляют позвоночные животные (73,0 %). Беспозвоночные животные (9,8 %) и растительные корма (9,3 %) относятся к рангу второстепенных и случайных. Падальничество и мусорничество у хищников наиболее выражено (9,6 %).

Самыми массовыми кормами норников из отряда грызунов в регионе являются семена (27,3 %), зеленые (23,8 %) и подземные (1,8 %) части растений. Ветви, побеги, кора (7,4 %) и плоды (6,4) относятся к сугубо сезонным кормам. Суммарная доля растительных кормов достигает 80,7 %. Среди животных кормов выделяются беспозвоночные (12,7 %); мелкие позвоночные животные скорее являются случайной добычей в виде ослабленных и павших особей (2,3 %).

Группирование норных зверей региона по составу их кормовых рационов затруднено, так как среди них нельзя найти даже двух видов с абсолютно тождественными списками кормов. Именно поэтому, видимо и возможно их совместное существование в одних и тех же участках биотопов. Трудность в этом отношении состоит также и в том, что потребность в добывании животного белка у растительноядных, а растительного корма у плотоядных животных представляет собой общую закономерность.

Норных зверей Среднего Подонья, по схожести усредненных кормовых рационов можно разделить на 7 основных групп жизненных форм: *зеленоядных, потребителей веточных кормов, корнеедов, зерноядных, насекомоядных, плотоядных, всеядных*.

**Зеленоядные норные звери** требовательны к сочным кормам. Занимают станции с большим и постоянным запасом кормов (злаково-попынные, злаковые ассоциации и др.), что позволяет им селиться колониями. Избегают высоких зарослей. В свою очередь они образуют 2 подгруппы:

а) поедающие надземные зеленые части растений (степной сурок);

б) поедающие надземные и подземные части растений (водяная крыса, полевка-экономка, обыкновенная, темная, восточно-европейская полевки, степная пеструшка, большой тушканчик, ондатра).

Доля в кормовом рационе подземных частей растений возрастает у видов, занимающих вторую часть списка.

**Потребители веточных кормов** в регионе могут быть ограничены одним видом – европейским бобром. Однако в определенных условиях веточные корма иногда являются преобладающими и для многих полевок, ондатры.

**Корнееды.** На Среднем Подонье к ним в полной мере могут быть отнесены только обыкновенный слепыш и обыкновенная слепушонка. Эти зверьки питаются корневищами, луковицами, клубнями, т.о. довольно сочными кормами. В отношении видового состава кормов не разборчивы. Основным фактором, влияющим на их пространствен-



ное распределение, является насыщенность поверхностных почвенных горизонтов подземными частями растений, позволяющая зверькам существовать на относительно ограниченных по площади участках в течение длительного времени. Для заселения ими предпочитают возделываемые и луговые участки. Целинной злаковой степи, рыхлых песков и пустынных солончаков избегают.

**Семяоядные звери.** Их стациональное размещение определяется наличием крупносеменных древесных и травянистых растений. В степи предпочитается разреженный травостой, не препятствующий движению прыгающих зверьков. На участках с сомкнутостью травостоя выше 40 % они не поселяются. Однако среди семяоядных норников встречаются и такие выраженные хортобионты, как мышь-малютка, хорошо освоившая приемы лазания.

Семяоядные норные звери по основному составу кормового рациона могут быть подразделены на:

- а) *собственно семяоядных* (мышь-малютка, желтогорлая, лесная, домовая мышь, орешниковая соня);
- б) *семенно-зеленоядных* (крапчатый и малый суслики, серый хомячок, полевая мышь, обыкновенный емуранчик);
- в) *семенно-плодо-насекомоядных* (соня-полчок, лесная и садовая сони, рыжая лесная полевка);
- г) *семенно-насекомоядных* (лесная, степная, южная и темная мышовки).

**Насекомоядные звери.** Основными кормами являются беспозвоночные животные, которых они добывают преимущественно собирательством или раздвигая лесную подстилку и проделывая кормовые ходы в поверхностных горизонтах почвы. По составу кормовых рационов их можно подразделить на:

- а) *собственно насекомоядных* (обыкновенный крот);
- б) *насекомо-семяоядных* (все виды бурозубок и белозубок);
- в) *насекомо-зеленоядных* (русская выхухоль);

г) *насекомо плотоядных* (все виды ежей, куторы, европейский барсук).

**Плотоядные звери.** В качестве основных кормов используют млекопитающих, преимущественно грызунов, птиц и их кладки, земноводных, пресмыкающихся, рыб, речных раков. Корм плотоядные норные звери добывают различными способами охоты, реже собирательством. Именно эта трофическая жизненная форма наиболее склонна к всеядности и падальничеству. Сюда входят следующие виды: волк, лисица, корсак, ласка, горностай, степной и лесной хори, перевязка, енотовидная собака, европейская и американская норки, речная выдра.

**Всеядные звери.** Поедают зеленые корма, крахмалистые подземные луковицы и клубни, семена, плоды, беспозвоночных, многих мелких позвоночных, падаль и кормовые отбросы. Занимают обычно закрытые станции, дающие корм и защиту; некоторые из них проявляют склонность к синантропности. К всеядным норным зверям региона можно отнести: обыкновенного хомяка и серую крысу. Однако в определенных условиях склонность к всеядности могут проявлять обыкновенная лисица, енотовидная собака, даже сони и мышовки.

Выделение трофических жизненных форм норных зверей не может строиться исключительно на основе их кормовых спектров. Становление кормовых региональных специализаций связано, прежде всего, с формированием особых приемов добывания пищи, уровнем норного поведения зверей, особенностями выкармливания потомства, характером сезонных миграций и многим другим. Изучение этих вопросов уже больше относится к области поведенческих адаптаций, к выделению эторморф, что несколько выходит за рамки наших исследований. Предполагаемые трофические жизненные формы следует рассматривать, как одну из обязательных составляющих при классификации иерархических жизненных форм норных зверей Среднего Подонья.

**ТЕПЛОВЫДЕЛЕНИЕ ПРИ ГОРЕНИИ ДРЕВЕСИНЫ**

Б.Б. СЕРКОВ, *нач. учебно-научного комплекса «Проблемы пожарной безопасности в строительстве» Академии Государственной противопожарной службы МЧС России, проф., д-р техн. наук,*  
А.Б. СИВЕНКОВ, *препод. каф. «Пожарная безопасность в строительстве» Академии Государственной противопожарной службы МЧС России, канд. техн. наук,*  
БУЙ ДИНЬ ТХАНЬ, *адъюнкт Академии Государственной противопожарной службы МЧС России,*  
Р.М. АСЕЕВА, *проф. Института биохимической физики РАН, д-р хим. наук*

Древесина является природным растительным материалом, широко используемым в строительстве и других областях техники и быта. Она представляет собой сложный композиционный материал, основными структурными элементами которого являются волокна. Известно, что макро- и микроструктура, химический состав, влажность, плотность, пористость, механические, теплофизические свойства древесных материалов зависят от породы деревьев, условий их произрастания, возраста и других факторов [1].

Древесина – горючий материал. Главной причиной возникновения и развития процесса горения древесины является выделение тепла. От соотношения скорости тепловыделения и скорости потери тепла из зоны реакции горения зависит режим и интенсивность этого процесса.

Настоящая работа направлена на определение характеристик тепловыделения при горении древесины различных пород, типичных для средней полосы России, а также тропического и субэкваториального региона Вьетнама. Цель исследования – выявить основные факторы и отличительные признаки древесины, влияющие на выделение тепла при ее горении. На первом этапе представляло интерес экспериментально определить основной химический состав древесины разных пород (содержание голоцеллюлозы, лигнина, экстрагируемых веществ), а также оценить значения теплоты полного сгорания древесины.

Литературные данные [1,2], касающиеся рассматриваемых аспектов, трудно сравнивать между собой из-за отсутствия детальной характеристики образцов, (преж-

де всего, – степени их влажности и плотности), ограниченного числа охарактеризованных образцов. Считается [3], что мягкие и твердые породы древесины существенно отличаются друг от друга по своему поведению при огневом воздействии.

**Материалы и методы исследования**

В качестве объекта исследования были взяты образцы древесины 11 хвойных и лиственных пород средней полосы России и 5 тропических пород Вьетнама, характеризующихся быстрым ростом деревьев (2-2,5 м/год). Эти породы деревьев были импортированы во Вьетнам в 70-80 годы прошлого столетия для восстановления уничтоженных во время военных действий лесных угодий страны. Из-за почти круглогодичного роста деревьев, ранняя и поздняя древесина практически не различаются. Исследуемые образцы тропических деревьев включали 2 хвойные породы – тхонкарибэ (*pinus massoniana*), ваншам (*picea koraiensis nakai*), а также 3 лиственные породы – бачдан (*eucalyptus camdulensis*), кео тай тыонь (*acacia mangium*) и кео лай (*acacia auriculiformis*).

Содержание основных компонентов древесины определяли по известным методикам [1]. При этом следует отметить, что в таблице 1 для образцов древесины средней полосы России приведено содержание веществ, экстрагируемых в Сокслете бензолом и спиртом, а для тропических пород – веществ, экстрагируемых горячей водой.

Значения низшей теплоты полного сгорания древесины с учётом энтальпии испарения воды определяли с помощью кислородной калориметрической бомбы по стандарт-

ному методу ГОСТ 147-74. Соответствующие теплоты сгорания тропических пород древесины рассчитывали по результатам элементного анализа по формуле Д.И. Менделеева:

$$Q_H = 339,4 C + 1257 H - 108,9 (O + N - S) - 25,1 (9 H + W), \text{ Дж}\cdot\text{г}^{-1} \quad (1)$$

где  $C, H, O, N, S$  – % содержание элементов в составе древесины,  $W$  – % содержание воды в образце.

Элементный состав образцов, высушенных до постоянного веса при 105°C, определяли на автоматическом приборе – Карло Эрба 1106  $C, H, N, S$  анализаторе (Италия). Влажность исходных образцов оценивали обычным весовым методом, а также по данным термогравиметрического анализа на приборе Q-1500 при нагревании мелкоизмельченных образцов весом 50 – 100 мг на воздухе со скоростью 10 град\*мин<sup>-1</sup>.

Плотность (объемную массу) образцов древесины определяли, исходя из их веса и геометрических размеров при нормальных комнатных условиях (табл. 1).

### Результаты и обсуждение

Обычно принято подразделять древесину на твердые и мягкие породы [4].

Эти понятия, не имеют отношения к твердости древесины. С позиций ботаники твердые породы древесины происходят из лиственных деревьев, а мягкие – из хвойных [5].

Изучение статической твердости тропических разновидностей древесины показывает, что действительно хвойные породы тхонкарибэ и ваншам имеют более низкие средние значения статической твердости в поперечном направлении (37,4 и 43,7 МПа соответственно при влажности 12 %), чем лиственные породы бачдан, кео тай тыонь и кео лай (78,8; 74,8 и 65,5 МПа). Статическая твердость древесины лиственных пород снижается в 1,35-1,4 раза при увеличении содержания влаги в образцах до 21 %, а у древесины хвойных пород – в 1,1 – 1,2 раза.

Как следует из табл. 1, плотность классических мягких пород древесины [2] находится в пределах 400 – 540 кг\*м<sup>-3</sup>, в то время как плотность твердых пород древесины превышает 560 кг\*м<sup>-3</sup>. Таким образом, к мягколиственным породам древесины можно отнести берёзу и осину. Кео тай тыонь по плотности является мягколиственной породой, а по значению статической твердости – твердолиственной. Среди изучаемых хвойных образцов древесины к твердым породам должна относиться лиственница.

Исследуемые разновидности древесины имеют близкие значения низшей теплоты полного сгорания, которые колеблются в пределах от 18,04 до 19,62 кДж\*г<sup>-1</sup>. Это связано с близким элементным составом древесных материалов.

Т а б л и ц а 1

### Теплота сгорания и химический состав древесины разных пород

#### А. Древесина средней полосы России

№ п/п	Образец	$\rho$ , кг*м <sup>-3</sup>	$W$ , %	$Q_H$ , КДж*г <sup>-1</sup>	Голоцеллюлоза, %	Лигнин, %	Экстрагир.в-ва, %
1	Ель	430		18,90	62,7	27,3	10,0
2	Сосна	450		19,62	62,9	28,0	9,1
3	Лиственница	660	–	18,61	–	–	–
4	Кедр	400		18,84	61,4	30,8	7,8
5	Бук	600	9,2	18,26	74,1	21,0	4,9
6	Ясень	740	–	18,40	–	–	–
7	Клен	610		18,04	71,9	23,2	4,9
8	Дуб	570	7,0	18,66	68,7	23,6	7,7
9	Берёза	540		18,08	73,3	20,6	6,1
10	Граб	595	–	18,42	–	–	–
11	Осина	480		18,14	74,6	21,5	3,9

Б. Древесина тропических пород

№ п/п	Образец	$\rho$ , кг*м <sup>-3</sup>	W, %	$Q_n$ , КДж*г <sup>-1</sup>	Целлюлоза, %	Гемичеселлюлоза, %	Лигнин, %	Экст. в-а, %
12	Тхонкарибэ	430	4	18,62	55,0	10,5	27,0	7,93
13	Ваншам	400	4	18,84	54,67	11,24	27,5	5,06
14	Бачдан	595	5	18,55	48,1	19,16	25,4	6,40
15	Кео тай тыонь	420	4	18,11	48,95	21,03	24,75	5,09
16	Кео лай	560	4	18,53	49,02	20,10	25,16	5,56

Таблица 2

Элементный состав тропических разновидностей древесины

№ п/п	Образец	C, %	H, %	O, % (по разности)
1	Тхонгкарибэ	50,43	6,14	43,43
2	Ваншам	51,01	6,10	42,8
3	Бачдан	51,19	5,81	44,1
4	Кео тай тыонь	50,06	5,84	45,06
5	Кео лай	50,34	6,11	43,55

В табл. 2 представлены результаты элементного анализа тропических лиственных и хвойных пород древесины. Видно, что содержание углерода в сухих образцах изменяется от 50,06 % до 51,19 %, а содержание водорода – от 5,81 до 6,14 %. Содержание основных компонентов в химическом составе хвойных и лиственных пород древесины заметно различается. Это касается, прежде всего, содержания лигнина, определяемого по методу кислотного гидролиза в 72% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

Как видно из табл. 1, у образцов хвойных пород древесины содержание лигнина колеблется в пределах 27,0 – 30,8 %, а у образцов лиственных пород древесины содержание лигнина составляет 20,6 – 25,4 %. Хвойные породы древесины Вьетнама характеризуются почти вдвое меньшим содержанием гемичеселлюлозы, чем лиственные породы.

Экстрагируемые вещества представляют собой сложную смесь низкомолекулярных сахаров, терпенов, инозитолов, фенолов, смол, эфирных масел, восков и других веществ [1]. Наиболее высокое содержание экстрагируемых веществ установлено в древесине хвойных пород средней полосы

России (7,8 – 10%). Однако это не является общим правилом. Хвойная древесина ваншам, например, содержит 5,06 % экстрагируемых веществ, а лиственные породы дуб и берёза по этому показателю (7,7 и 6,1 % соответственно) приближаются к хвойным породам.

Химический состав древесины сказывается на значениях низшей теплоты полного сгорания. На рисунке представлена графическая зависимость низшей теплоты полного сгорания исследуемых разновидностей древесины от суммарного содержания лигнина и экстрагируемых компонентов в их составе. Экспериментальные и расчётные значения теплоты полного сгорания древесины приведены с учётом наблюдаемого разброса результатов для двух- трёх параллельных опытов.

Как видно из рисунка, наблюдается линейная корреляция теплоты полного сгорания древесины с суммарным содержанием лигнина и экстрагируемых компонентов. Линейное уравнение регрессии, полученное по методу наименьших квадратов, отвечает следующей функциональной зависимости:

$$Q_n = 15,45 + 0,1 * (X_l + X_e), \text{ КДж/г}^{-1}, \quad (2)$$

где  $X_l$  и  $X_3$  – содержание в сухой древесине лигнина и экстрагируемых компонентов, %.

Коэффициент корреляции полученного уравнения регрессии  $R = 0,86$ . Наибольший разброс значений теплоты полного сгорания наблюдается для образцов древесины с повышенным содержанием экстрагируе-

мых веществ. Анализ уравнения (2) позволяет сделать вывод, что в отсутствие лигнина и экстрагируемых веществ, т.е. при условии:  $X_l + X_3 = 0$  %, низшая теплота полного сгорания оставшейся части древесины, а именно, – голоцеллюлозы, должна быть равна  $15,45 \text{ кДж/г}^{-1}$ .

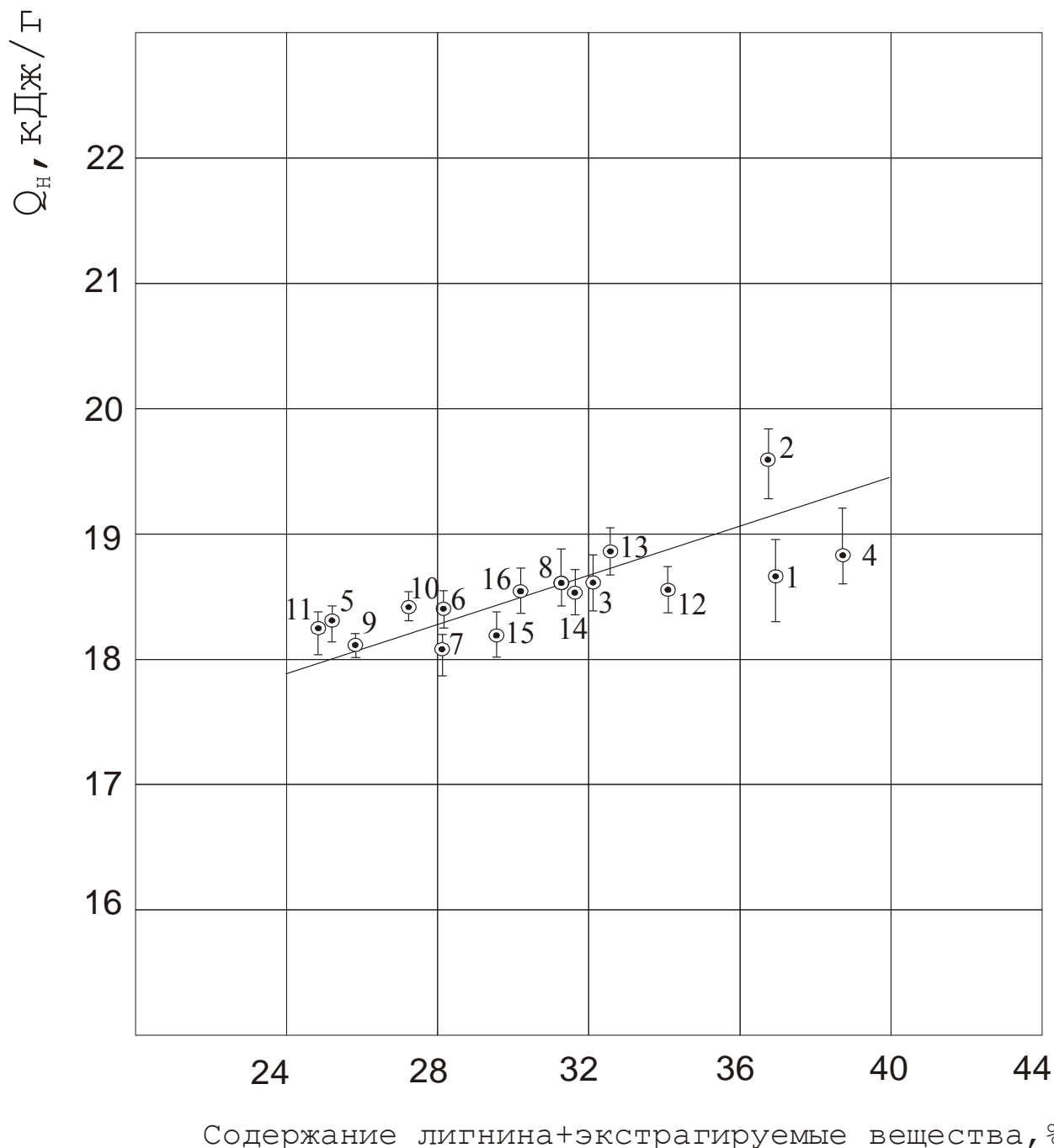


Рис. Низшая теплота полного сгорания образцов древесины в зависимости от суммарного содержания лигнина и экстрагируемых веществ. Номера образцов соответствуют приведенным в табл. 1

В другом случае, когда  $X_L + X_S = 100$  %, значение низшей теплоты полного сгорания смеси лигнина и экстрагируемых веществ должно достигнуть  $25,45 \text{ кДж}\cdot\text{г}^{-1}$ .

Подобные выводы справедливы, если предположить, что, во-первых, – теплоты полного сгорания целлюлозы и гемицеллюлозы, входящих в состав голоцеллюлозы, имеют одинаковые или очень близкие значения, во-вторых, – относительный энергетический вклад лигнина и экстрагируемых веществ в общее выделение тепла при сгорании древесины пропорционален их содержанию.

Установленная в настоящей работе функциональная зависимость значений низшей теплоты полного сгорания древесины от суммарного содержания лигнина и экстрагируемых компонентов показывает, что фактором, определяющим выделение тепла при полном сгорании образцов, является не порода древесины (твёрдая или мягкая), а её химический состав. По данным [6] лигнин имеет более высокие значения высшей теплоты полного сгорания ( $25,6 \text{ кДж}\cdot\text{г}^{-1}$ ), чем голоцеллюлоза ( $17,5\text{--}18,6 \text{ кДж}\cdot\text{г}^{-1}$ ).

Элементный состав лигнина из разных пород древесины практически одинаков и в среднем включает  $63,54$  % углерода;  $5,54$  % водорода и  $30,92$  % кислорода (по разности) [1]. Тогда низшая теплота полного сгорания лигнина, рассчитанная по формуле Д.И. Менделеева, должна быть равна  $23,91 \text{ кДж}\cdot\text{г}^{-1}$ .

Некоторая неопределённость существует в отношении влияния экстрагируемых веществ на тепловыделение при сгорании древесины из-за отсутствия сведений об их точном химическом составе. Считается, что из числа экстрагируемых из древесины веществ самое значительное влияние на поведение древесины при пожаре оказывают терпены и смолы, у которых значения высшей теплоты полного сгорания могут достигать  $32\text{--}35 \text{ кДж}\cdot\text{г}^{-1}$ .

Следует подчеркнуть, что в настоящей работе нами использованы в качестве основной характеристики тепловыделения значения не высшей теплоты полного сгорания древесины и её компонентов, а низшей, так как именно последние значения используются при моделировании пожаров. Тем не менее, опубликованная в научной литературе информация о значениях высшей теплоты полного сгорания компонентов древесины очень полезна. Она даёт возможность предвидеть основные тенденции в изменении характеристик тепловыделения при горении древесины разных пород, связанные с её химическим составом. В частности, можно утверждать, что теплота полного сгорания древесины той или иной разновидности должна возрастать с увеличением содержания высокоэнергетических компонентов – лигнина и экстрагируемых веществ.

Воспользуемся полученными в настоящей работе результатами для оценки значений низшей теплоты сгорания веществ, экстрагируемых из древесины. Например, в образце кедровой древесины суммарное содержание лигнина и экстрагируемых веществ составляет  $38,6$  % (табл. 1). Из них доля лигнина равна  $0,798$ , доля экстрагируемых веществ равна  $0,202$ .

Значение низшей теплоты полного сгорания, экстраполированное на величину  $X_L + X_S = 100$  %, равно  $25,45 \text{ кДж}\cdot\text{г}^{-1}$ . Следовательно, можно представить следующее уравнение:

$$25,45 = 0,798 Q_n^L + 0,202 Q_n^S, \text{ кДж}\cdot\text{г}^{-1} \quad (3)$$

где  $Q_n^L$  и  $Q_n^S$  – низшая теплота полного сгорания лигнина и экстрагируемых веществ соответственно.

Из уравнения (3) легко рассчитать низшую теплоту полного сгорания веществ, экстрагируемых из кедровой древесины.

$$\begin{aligned} Q_n^S &= (25,45 - 0,798 \cdot Q_n^L) / 0,202 = \\ &= (25,45 - 0,798 \cdot 23,91) / 0,202 = \\ &= (25,45 - 19,08) / 0,202 = 31,85 \text{ кДж}\cdot\text{г}^{-1}. \end{aligned}$$

Аналогичным образом можно оценить значения низшей теплоты полного сгорания веществ, экстрагируемых из других разновидностей древесины. Так, для веществ, экстрагируемых из сосновой древесины, рассчитанное значение  $Q_n^{\ominus} = 30,2$  кДж\*г<sup>-1</sup>.

На примере указанных двух разновидностей хвойной древесины можно видеть, что теплоты сгорания веществ, экстрагируемых из разных образцов, не являются одинаковыми. Это может быть обусловлено различием в химическом составе экстрагируемых веществ и пропорциях отдельных компонентов.

Для трёх разновидностей древесины, а именно – лиственницы, ясеня и граба не был проведён экспериментальный анализ содержания основных компонентов древесины. Установленная функциональная зависимость (рисунок) позволяет сделать оценку содержания голоцеллюлозы, а также суммарного количества лигнина и экстрагируемых веществ при известных значениях теплоты полного сгорания древесины. В частности, суммарное содержание лигнина и веществ, экстрагируемых из образцов, должно быть в среднем равным 37,7 % – для лиственницы; 30,9 % – для ясеня и 29,8 % – для граба. Соответственно, содержание голоцеллюлозы будет увеличиваться в последовательности: 62,3 %; 69,1 % и 70,2 %.

В реальных процессах горения древесины выделение тепла осложняется тем, что её разложение сопровождается обугливанием. Образующийся на начальной стадии развития пожара поверхностный угольный слой выполняет роль барьера, затрудняющего передачу тепла к нижележащему слою исходной древесины, а также массоперенос продуктов её разложения. После окончания пламенного горения наблюдается стадия гетерогенного выгорания угольного слоя. Таким образом, характеристики тепловыделения при горении древесины базируются на

эффективной теплоте сгорания материала с учётом коэффициента полноты его сгорания. К наиболее важным характеристикам тепловыделения при горении материалов отнесены: максимальная и средняя скорость выделения тепла; общее тепловыделение за определенный период времени; средняя скорость, с которой происходит нарастание скорости тепловыделения до максимальной величины или время её достижения, считая с момента воспламенения древесины. Все перечисленные характеристики зависят от плотности внешнего радиационного теплового потока.

В какой степени и каким образом влияет природа и разновидность древесины на глобальные характеристики тепловыделения при горении – эти вопросы будут находиться в центре внимания следующего этапа исследования.

#### Список литературы

1. Никитин В.М. Химия древесины и целлюлозы. – Ленинград: Гослесбумиздат, 1951. – 495 с.
2. Калниньш Л.Я. Древесина: Энциклопедия полимеров. – М.: Советская энциклопедия, 1972. – Т. 1. – 764 с.
3. Sweet M. S. Fire Performance of Wood: Test Methods and Fire Retardant Treatments // Proceedings of 4-th Annual BCC Conference on Recent Advances in Flame Retardancy of Polymeric Materials, May 1993, Stamford, USA, 8 p.
4. Parker W.J., LeVan S.L. Kinetic Properties of the Components of Douglas-Fir and the Heat of Combustion of Their Volatile Pyrolysis Products // Wood and Fiber Science 1989, v.21, №3, pp. 289-305.
5. Tran H.C. Experimental Data on Wood Materials, In: Heat Release in Fires by Eds V. Babrauskas, S.J. Grayson, N.Y., Elsevier Applied Science, 1992, Ch.11, part b, pp. 357-372.
6. Baker A.J. Wood fuel properties and fuel products from woods // Proceedings of Fuel Wood Management and Utilization Seminar, November, 1982, Michigan State University, East Lansing, MI, USA, pp.14-25.

## О КОНТРОЛЕ КАЧЕСТВА ДРЕВЕСНОСТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ

А.В. КОТОВ, асп. каф. сопротивления материалов МГУЛа,  
Ю.Г. ЛАПШИН, зав. каф. сопротивления материалов МГУЛа, проф., д-р техн. наук,  
А.И. РОДИОНОВ, доц. каф. прикладной математики МГУЛа, канд. техн. наук

В современных условиях никто не может отрицать важности широкого внедрения новейших методов контроля и управления качеством. Мы предлагаем для контроля качества выпускаемых ДСтП использовать так называемый интегральный метод, изложенный в [1] и основанный на учете истории предприятия. Введение распределения входного уровня дефектности, определяемого в течение длительного времени, постоянно обновляемого на основе данных текущего приемочного контроля, дает возможность отказаться от принципа “уровень доверия” и перейти на приемочный контроль, учитывающий индивидуальные особенности предприятия.

Если качество продукции на предприятии высокое, технологический процесс стабилен, то нет необходимости применять жесткие методы контроля. В этом может помочь учет истории предприятия. Ослабленные планы контроля снижают риск изготовителя и, соответственно, дают возможность снизить издержки на процедуру контроля за счет уменьшения объема выборки и среднего объема инспекции.

Т а б л и ц а 1

Распределение входного уровня дефектности

$q$	$\nu_i$	$p_i = \frac{\nu_i}{\nu}$
0	6	0,1
0,1	20	0,33
0,2	14	0,233
0,3	6	0,1
0,4	5	0,003
0,5	3	0,05
0,6	2	0,033
0,7	2	0,033
0,8	1	0,017
0,9	1	0
1	0	0

В результате наблюдений за технологическим процессом и данных приемочных испытаний прочности на Волгоградском мебельном комбинате им. Ермана получено распределение входного уровня дефектности  $q \in [0,1]$  (табл. 1).

Здесь  $\nu_i$  – частота попадания значений величины  $q$  в  $i$ -й интервал,  $i = 1 \dots k$ , где  $k = 10$  – количество интервалов.

Границы интервала  $\Delta_i = \left[ \frac{i-1}{k}; \frac{i}{k} \right]$ , при этом объем одной партии составлял 1 000 плит в смену, а количество мебельных заготовок на порядок  $N = 10\,000$ . Будем считать, что внутри каждого интервала функция плотности распределения постоянна и равна

$$W(q_i) = \frac{p_i}{\Delta q_i}.$$

Пусть используется план контроля с объемом выборки  $n$  и приемочным числом  $c$ . Тогда оперативная кривая плана контроля определится следующим образом [2]:

$$L(q, n, c) = \frac{1}{\sigma_H \sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{H_0} e^{-\frac{(h-H(q))^2}{2\sigma_H^2}} dh,$$

где  $H_0 = -\frac{c}{n} \ln\left(\frac{c}{n}\right) - \left(1 - \frac{c}{n}\right) \ln\left(1 - \frac{c}{n}\right)$

$$H(q) = -q \ln(q) - (1-q) \ln(1-q)$$

$$\sigma_H^2 = \frac{1}{n} (q \ln^2(q) + (1-q) \ln^2(1-q)).$$

Тогда вероятность принятия партии с дефектностью большей, чем  $q_b$ , равна

$$\beta = \int_{q_b}^1 L(q, n, c) W(q) dq,$$

где  $\beta$  – риск потребителя.

Вероятность забраковать партию с дефектностью меньшей, чем  $q_b$ , равна

$$\alpha = \int_0^{q_b} (1 - L(q, n, c)) W(q) dq,$$



где  $\alpha$  – риск поставщика.

Представим это в форме таблицы (табл. 2).

Т а б л и ц а 2

**Исходные данные для расчета объема выборки  $n$  и приемочного числа  $c$**

Риск поставщика $\alpha$	Риск потребителя $\beta$	Браковочный уровень дефектности $q_b$
0,05	0,1	0,005
0,05	0,05	0,005
0,1	0,05	0,005
0,1	0,1	0,005

Рассчитаем для таких исходных данных неизвестные параметры: объем выборки  $n$  и приемочное число  $c$ .

Систему

$$\alpha = \int_0^{q_b} (1 - L(q, n, c))W(q) dq$$

$$\beta = \int_{q_b}^1 L(q, n, c)W(q) dq$$

решили с помощью компьютерной программы MathCAD и в результате получили следующие результаты (табл. 3):

**К ВОПРОСУ ПРОИЗВОДСТВА ПИЛОПРОДУКЦИИ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЩЕПЫ ИЗ НИЗКОКАЧЕСТВЕННОЙ ДРЕВЕСИНЫ**

И.В. ГНАТОВСКАЯ, *асп. каф. ТОЛП МГУЛа*

Дровяная и низкокачественная древесина, а также некоторые виды древесных отходов служат сырьём для выработки колотых балансов, деталей ящичной тары, короткомерных заготовок, технологической щепы, дров для отопления, углежжения и сухой перегонки.

Обработка низкосортной и низкокачественной древесины в леспромхозах ведётся в специализированных цехах. Такие цеха предусматривают изготовление готовой продукции одного наименования узкой спе-

Т а б л и ц а 3

**Результаты расчетов программы испытаний**

$\alpha$	$\beta$	$q_b$	$c$	$n$
0,05	0,1	0,005	14	28
0,05	0,05	0,005	17	32
0,1	0,1	0,005	12	21
0,1	0,05	0,005	13	26

По ГОСТ 10632–95 объем выборки при данном количестве листов ДСтП, выпускаемых в смену, должен составлять около 40 заготовок [3]. В нашем же случае во всех четырех вариантах этот объем существенно меньше, что позволяет сэкономить на испытаниях.

**Список литературы**

1. ГОСТ 50779.52–95. Статистические методы. Приемочный контроль качества по альтернативному признаку. – М.: Госстандарт России. Изд-во стандартов, 1996. – 230 с.
2. Миттаг Х. Й., Ринне Х. Статистические методы обеспечения качества / Пер. с нем. – М.: Машиностроение, 1999. – 325 с.
3. ГОСТ 10632–95. Плиты древесностружечные. Технические условия. – М.: Госстандарт России. Изд-во стандартов, 1995. – 26 с.

цификации. Так технологическую щепу получают в специально оборудованном цехе. Тарную дощечку производят в тарном цехе. Однако создание таких цехов связано с рядом трудностей: размещение их на площадке склада, увеличение затрат на строительство и эксплуатацию. Кроме того, в специализированных цехах лесопильное оборудование имеет низкую загрузку.

Приведённые выше особенности организации лесообрабатывающего производства указывают на целесообразность созда-

ния в леспромхозах таких цехов, которые могут обрабатывать различные виды сортиментов на продукцию нескольких наименований в общих технологических потоках [1].

Наряду с основным производством, древесина, имеющая гниль может перерабатываться в общих технологических потоках. Для производства технологической щепы необходимы колуны, для раскалывания балансов и удаления из них гнили. В общих цехах роль колуна заменит головной станок (лесопильная рама, или какой либо другой станок). На рис.1 показана технологическая схема производства пилопродукции и технологической щепы в цехе общего назначения.

Перед поступлением в цех на переработку сырьё должно проходить сортировку, что позволит комбинировать раскрой сырья и спецификационный выход готовой продукции [2]. На рис. 2 показан возможный вариант технологического процесса комбинированного лесообрабатывающего цеха на базе ленточнопильных станков. С целью более полной загрузки рубительной машины предусматривается подача по дополнительному потоку тонкомерного сырья [9].

Комбинированные цеха позволяют создать в общих потоках, наряду с основным производством, технологические процессы позволяющие перерабатывать низкокачественную, низкосортную древесину и отходы лесопиления. Лесопромышленные предприятия могут обрабатывать в данных цехах и другие виды сортиментов, что ведёт к рациональному использованию сырья, увеличению выхода готовой продукции и улучшению технико-экономических показателей работы цеха. Сокращаются затраты на строительство и эксплуатацию цехов, освобождается площадка нижнего склада [2].

Важным элементом при выборе технологии переработки низкокачественной древесины, схем раскроя сырья, является лесопильное оборудование, на котором происходит распиловка. При грамотном выборе станков для переработки низкокачественного сырья и соответствующих им схемам распиловки, можно добиться максимального выхода качественных пиломатериалов и существенно снизить уровень отходов.

В настоящее время выпускается значительное количество разнообразных лесопильных станков, классификация которых показана на рис. 3.

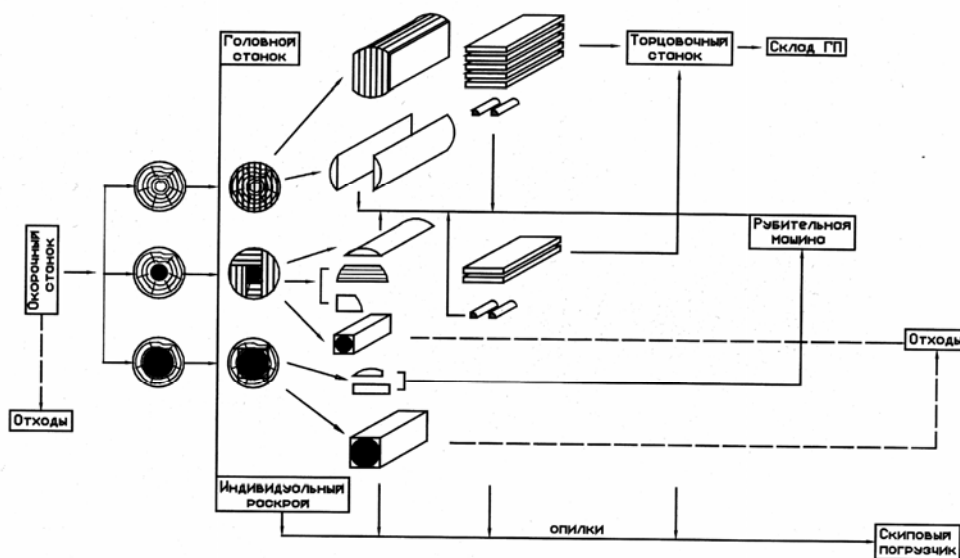


Рис.1. Технологическая схема производства пилопродукции и технологической щепы в цехе общего назначения

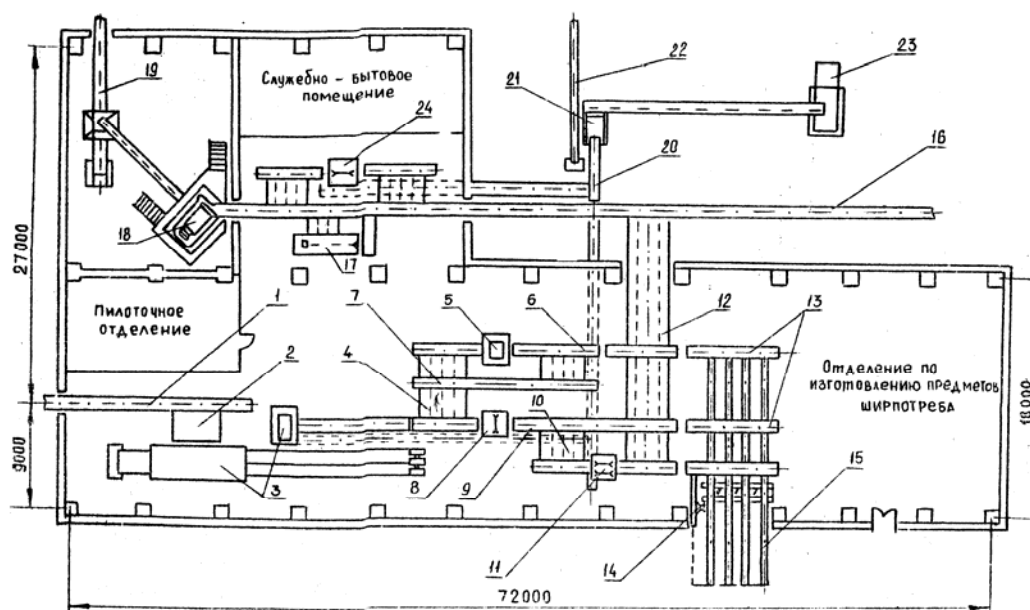


Рис.2. Технологическая схема комбинированного лесобрабатывающего цеха на базе ленточнопильных станков:

1 – подающий транспортер; 2 – буферное устройство; 3 – ленточный станок ЛБ-150; 4 – поперечный транспортер; 5 – ленточнопильный станок ЛД-125; 6-7 – транспортер для возврата брусьев для дальнейшего раскроя; 8 – торцовочный станок; 9 – рольганг; 10 – поперечный транспортер; 11 – обрезной станок; 12 – поперечный транспортер; 13 – навесной рольганг; 14 – торцующее устройство; 15 – транспортер для выноса пиломатериалов; 16 – продольный транспортер; 17 – древокольный станок; 18 – рубительная машина; 19 – ленточный конвейер для выноса щепы; 20 – транспортер для выноса опилок и мусора; 21 – сортировка опилок; 22 – ленточный конвейер для опилок; 23 – погрузчик скиповый ПС-3; 24 – круглопильный станок

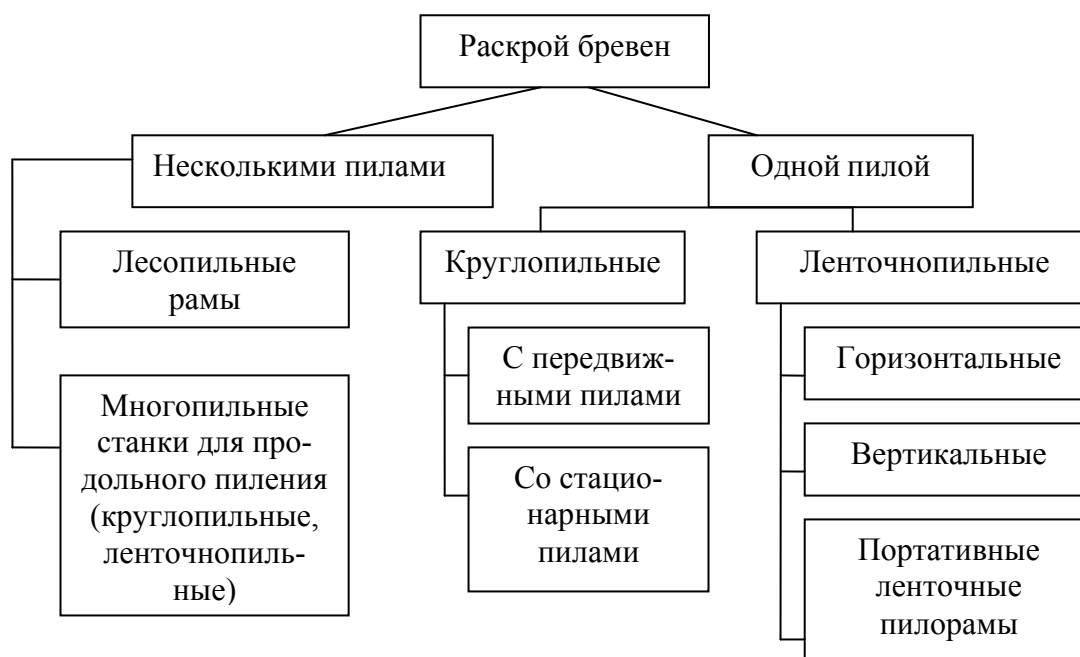


Рис.3. Классификации лесопильного оборудования

Как известно, раскрой осуществляемый несколькими пилами (лесопильные рамы, многопильные станки) резко увеличивает производительность. На таком оборудовании целесообразно перерабатывать сортаменты высокого качества (пиловочник, шпальный кряж, и т.п.). Раскрой низкокачественного сырья в общих технологических потоках (например, с головным станком – лесопильная рама), связан с некоторыми трудностями: возникает необходимость частой смены поставов для получения качественной пилопродукции.

При условии распиловки низкокачественного сырья в общих технологических потоках и получения из него не только щепы, но и дополнительной качественной пилопродукции, целесообразно использовать оборудование, которое можно легко перенастраивать для выполнения как основных, так и дополнительных технологических операций. Основным недостатком такого вида оборудования более низкая производительность. Этот недостаток компенсируется уменьшением отходов, увеличением выхода пилопродукции, возможностью переработки низкокачественной древесины. Приведённая выше классификация лесопильного оборудования основана по виду режущего органа. Рассмотрим особенности приведённых станков.

Особенностью круглопильных станков является применение круглых пил большого диаметра 1200–1500 мм, а также способов надвигания при распиловке сырья:

либо сырьё надвигается на круглую пилу, либо круглая пила надвигается на сырьё, причём в том и другом случаях пилы могут быть как стационарные, так и установленные на мобильном перемещающемся основании [3].

В качестве примера рассмотрим автоматизированный круглопильный станок с круглыми стационарными пилами модели ЦДТ-7 и станок KARA (Финляндия).

Станок ЦДТ-7 предназначен для установки на лесоперевалочных базах, в лесоперерабатывающих раскroечных цехах для индивидуальной распиловки брёвен, в т.ч. фаутовых. Станок производит распиловку вразвал, с брусочкой, и т.д. Максимально распиливаемый диаметр кряжа 110 см, установленная мощность 121,5 кВт [3]

Наибольшую производительность, среди круглопильных станков, имеет станок KARA. Применяется этот станок на небольших лесопильных заводах, на вспомогательных линиях, при производстве специальных пиломатериалов. Обслуживание осуществляется одним оператором. Эффективность распиловки обуславливается более высоким выходом пиломатериалов, высокой производительностью, низкой потребностью в запасных частях, индивидуальным раскroем, позволяющим перерабатывать низкокачественную древесину. Весь процесс распиловки брёвен осуществляется на одном и том же станке в соответствии с индивидуальным планом [4]. Ниже в табл.1 приведены основные технические характеристики станков.

Т а б л и ц а 1

**Основные технические характеристики станков**

Наименование	ЦДТ-7, [5]	KARA
Высота пропила, мм	800	360–435
Длина распиливаемого бревна, м	1,8–6,5	любая
Наибольший диаметр распиливаемого бревна, см	110	80–600 макс. 650
Скорость подачи, м/мин	0–90	0–100
Скорость перемещения стоек, м/с	0,01–0,15	–
Установленная мощность, кВт	121,5	37
Габарит, мм	23800*7200*2100	–
Масса, кг	15300	2500–4000

**Основные технические характеристики ленточнопильных станков**

Наименование	ЛБ150-1	ЛБ-100	ЛГС-50
Диаметр шкивов, мм	1500	1000	485
Высота пропила, мм	50-900		550
Наибольший диаметр брёвен в комле, мм	1250	700	700
Длина распиливаемых брёвен, м	1–7,5	1–6,5	2–6
Наименьшая толщина доски, мм	–	3	5
Размер пильной ленты (ширина, толщина), мм	230*1,6	100–125*1,0-1,2	34*1–1,5
Скорость тележки, м/мин:			
Подачи	125	45	1–15
Холостого хода	125	–	20
Скорость резания, м/с	45	–	35
Установленная мощность, кВт	145	28,75	12,47
Габарит, мм	27800*7600*4650	16300*2300*3000	8100*2500*2500
Масса, кг	29700	3200	2000

Особенностью ленточнопильных станков является применение в качестве режущего инструмента бесконечно тонких пильных полотен. Пильное полотно одевается на весьма массивные шкивы, которые при помощи трения увлекают ленту, придавая ей движение со скоростью равной окружной скорости пильного шкива. Преимуществом ленточнопильных станков является незначительная ширина пропила, что обеспечивает малые потери древесины. Шкивы могут располагаться как горизонтально, так и вертикально, а способы надвигания могут быть как сырьём на ленточную пилу, так и пилы на сырьё, причём исполнение станков может быть как стационарным, так и на передвижном основании [3].

В качестве примера рассмотрим вертикальный ленточнопильный станок ЛБ150-1, ЛБ100 и горизонтальный ленточнопильный станок ЛГС-50. Основные технические характеристики показаны в табл.2.

ЦНИИМЭ совместно с ЦНИИМОДом проводили распиловки хвойного и лиственного низкокачественного сырья с гнилью на пиломатериалы и заготовки: выход пиломатериалов из осинового сырья 4 сорта – 22,9 %, заготовок – 33,9 %, из дров соответственно – 11,4 и 20,3 %. В выводах отмеча-

ется пригодность раскроя дровяного сырья на заготовки по сегментному способу [7].

В СТИ и СибНИИЛПе проводились исследования раскроя хвойной древесины Сибири. В зависимости от вида используемого оборудования и производимых схем раскроя получены следующие результаты. При рамной распиловке брёвен с гнилью по схеме с брусковкой получены лучшие результаты, чем по схеме вразвал; при распиловке на круглопильном станке выход по сравнению с рамной распиловкой выше на 5,7–7,5 %, а наибольший выход получен при распиловке на ленточнопильном станке, в этом случае превышение выхода пиломатериалов по сравнению с рамной составляет около 19 % [7].

В заключение анализа оборудования, следует отметить выгоду применения ленточнопильных станков. Полезный выход пилопродукции повышается на 3,3–4,8 % [8], по сравнению с круглопильными станками. Традиционная технология производства, при использовании лесопильных рам, в настоящее время значительно проигрывает из-за неспособности обеспечить точность геометрических размеров и формы пилопродукции, не говоря о гибкости настройки раскроя низкокачественной древесины. Главными условиями для получения оптимального выхода

пилопродукции является: индивидуальный оптимальный раскрой, минимальная ширина пропила. Эффективность выхода составляет примерно 4-8 % [8]. Такой важный недостаток как низкая производительность ленточнопильных станков, как отмечалось выше, компенсируется низким уровнем отходов, возможностью перерабатывать низкокачественную древесину, возможностью быстрой сменой схем раскроя в зависимости от степени поражённости сырья гнилью.

На данном этапе работы, необходимо определить в каких случаях следует низкокачественную древесину перерабатывать на щепу, а в каких получать пилопродукцию, что позволит оптимально загрузить лесопильное оборудование. Проводится экспериментальное исследование с целью определения размерно-качественных характеристик низкокачественной древесины и параметров потоков. В дальнейшем будет разработана математическая модель процесса переработки низкокачественной древесины и определения рациональной технологии использования.

### Список литературы

1. Гнатовская И.В. Обоснование создания технологического процесса производства пилопродукции и технологической щепы из низкокачественной древесины в общих технологических потоках // Вестник МГУЛ. – №5(25). – 2002. – 168–170, 226с.
2. Технология и проектирование лесных складов / А.К. Редькин, В.Д. Никишов, А.К. Суханов, А.А. Шадрин // Экология. – М., 1991 – С. 286.
3. Станки и оборудование потоков шпалопилления / Селиванов Н.Ф., Занегин Л.А., Сарайкин В.Г., и др. – М.: МГУЛ, 2001. – Т. 2 – 313с.
4. Проспект фирмы KARA.
5. Справочник по лесопилению / Под общей ред. С.М. Хасдана. – М.: Лесная пром-ть, 1980. – 422с.
6. Проспект завода «Северный Коммунар».
7. Разработка оптимальных технологических процессов и систем машин для комплексной переработки низкокачественного сырья на пилопродукцию и щепу мощностью 20-80 тыс.м<sup>3</sup> // Науч. отчет по теме 89/17-VI-14-75 / ЦНИИМЭ, 1976. – 227 с.
8. Журнал «Дерево.RU». № 9–10 сентябрь-октябрь. – ООО «Ризл Пресс», 2002. – 38–42с.
9. Деревообрабатывающие цехи лесозаготовительных предприятий / А.К. Редькин, В.Д. Никишов, А.А. Шадрин, А.К. Суханов, И.В. Ярцев. – М.: МГУЛ, 2002. – 100 с.

## К ВОПРОСУ РАЗРАБОТКИ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ КАТИОНИТОВ ИЗ ЛИГНОСУЛЬФОНАТОВ БИСУЛЬФИТНОЙ ВАРКИ ЕЛИ НА НАТРИЕВОМ ОСНОВАНИИ С МИНИМИЗАЦИЕЙ УЩЕРБА ПОВЕРХНОСТНЫМ ВОДАМ

И.С. ГЕЛЕС, *Петрозаводский государственный университет*,  
М.А. КОРЖОВА, *Петрозаводский государственный университет*

Как известно, небеленая сульфитная целлюлоза из елово-пихтового баланса имеет белизну от 52 до 69 % белого, тогда как у аналогичной сульфатной целлюлозы этот показатель несравненно ниже. Указанная белизна и ряд других физико-механических свойств небеленых целлюлоз полученных сульфитными, в т. ч. бисульфитным, способами позволяют использовать их в композиции целого ряда массовых видов писчих и печатных бумаг, например газетной. Кроме того, указанные целлюлозы при равном содержании остаточного лигнина с сульфатными требуют существенно меньше химикатов

и энергии при отбелке. Тем не менее, производство целлюлозы сульфитными способами непрерывно сокращается [1,2]. Основными причинами указанной ситуации являются отсутствие емких потребителей лигносульфонатов (ЛСФ), а также ограниченность и сложность схем регенерации серы и основания. К этому следует добавить низкую степень очистки сточных вод (СВ) от ЛСФ, которые представляют собой доминирующий компонент сульфитных щелоков и соответственно СВ от промывки целлюлозы после варки. К особенностям ЛСФ относится то, что содержание их только в незначительной

степени снижается после биологической очистки. Следует отметить, что несмотря на огромное количество технических решений по использованию ЛСФ [3, 4], до сих пор не найдено направление, способное утилизировать эти вещества с получением многотоннажного продукта, имеющего спрос в различных отраслях народного хозяйства. В связи с этим заслуживает, по-видимому, внимание производство из ЛСФ катионитов, потребность в которых многообразна. В свое время во ВНИИБе были разработаны технологии получения катионитов из ЛСФ [5, 6]. Основной особенностью их являлась необходимость получения свободных лигносульфовых кислот (ЛСК), что достигалось практически полным декатионированием исходных солей ЛСФ (до 0,02 % от содержания сухих веществ). Для достижения такого низкого остаточного количества солей предлагалось использовать сильнокислотные синтетические катиониты типа КУ-2. Полученные свободные ЛСК подвергались автоконденсации при температуре 90-100 °С [5, 6]. Отсутствие каких-либо веществ, обычно вводимых при получении сульфенольных катионитов, рассматривалось только как преимущество указанного способа. Однако очевидно, что такой подход лишает возможности в той или иной степени модифицировать свойства получаемых катионитов. Другим существенным недостатком указанных технологий представляется значительное количество ЛСК, не участвующих в реакции конденсации. Оно колеблется в пределах 20-35 % [7,8]. Нужно особо отметить, что ни в одной из работ, связанной с получением катионитов из сульфитных растворов, не рассматривались вопросы состава, свойств и путей утилизации остаточных ЛСК. Таким образом, поступление в окружающую среду указанного количества ЛСФ по существу не меняет представлений о сульфитных способах получения целлюлозы как экологически опасных для окружающей среды.

Одним из авторов данной работы предложен другой подход к получению катионитов из ЛСФ бисульфитной варки, на

натриевом основании (в качестве исходного материала взят ЛСТ – лигносульфонат технический – ОАО «Кондопога»). Основными отличительными особенностями его являются неполнота декатионирования, дополнительное введение компонентов сточных вод других цехов предприятия и некоторых реагентов, характерных для процессов получения сульфенольных смол, и сравнительная кратковременность процесса конденсации (1,5–2 часа). Предлагаемая технология позволяет получать катиониты редкой и частой сшивки, которые обладают разными свойствами даже при равном содержании серы (сульфоксильных групп). Наряду с этим растворы, получаемые при промывке катионитов от не прореагировавших веществ, имели отличительные особенности. Следует отметить, что при получении катионитов редкой сшивки в промывные воды поступало значительно больше органических веществ, нежели при образовании полимерного соединения с частой сшивкой. При этом растворы от катионитов первого типа имели темный цвет аналогичный исходному разбавленному раствору ЛСТ. При образовании катионитов второго типа промывные воды характеризовались оранжево-желтым цветом и гораздо меньшим содержанием органических соединений составлявших до 7 % от их исходного количества. Такое различие в цвете позволило с достаточным основанием предположить, что в условиях получения более плотно сшитого катионита происходит в основном разрушение низкомолекулярных ЛСФ, не участвующих в образовании поликонденсата. Учитывая, что лигнин и его производные имеют характерное поглощение в ультрафиолетовой области спектра, решено было сравнить спектры водных растворов веществ после получения катионитов редкой частой сшивки в диапазоне 200-500 нм. Полученные результаты (спектры сняты на Spесord M-40) приведены на рисунке, из которого следует, что по сравнению с исходным ЛСТ (кривая 1) и раствором от промывки слабо сшитого катионита (кривая 2) в промывной воде сильно сшитого (кривая 3) отсутствуют вещества,

характеризующиеся поглощением при 280 нм, что типично для ЛСФ. Таким образом, УФ-спектры подтвердили отсутствие заметных количеств ЛСФ в СВ от промывки часто сшитого катионита. Это значит, что указанные сточные воды с продуктами деструкции не ароматического характера при прохождении биологической очистки, скорее всего, будут в несравненно лучшей степени утилизированы активным илом, тогда как ЛСФ в незначительной степени подвергаются его воздействию. В связи с полученными данными следует отметить, что на очистные сооружения предприятия со СВ поступает повышенное количество ЛСФ, что объясняется как недостаточным отбором щелоков, так и неполной промывкой целлюлозы после вар-

ки [9]. Эти недоработки практически нельзя компенсировать на стадии очистки СВ и поэтому их «...следует рассматривать как нерешенную проблему в области основной технологии...» [9]. Принимая во внимание, что на очистные сооружения поступает значительное количество ЛСФ, а также органические вещества других цехов, то замена их даже той же валовой массой продуктов деструкции ЛСФ, должна улучшить степень очистки СВ и соответственно состояние поверхностных водоемов. Очевидно, работы по модификации свойств катионитов из ЛСФ с одновременным снижением их в СВ и получением продуктов деструкции ЛСФ имеют теоретическое и практическое значение.

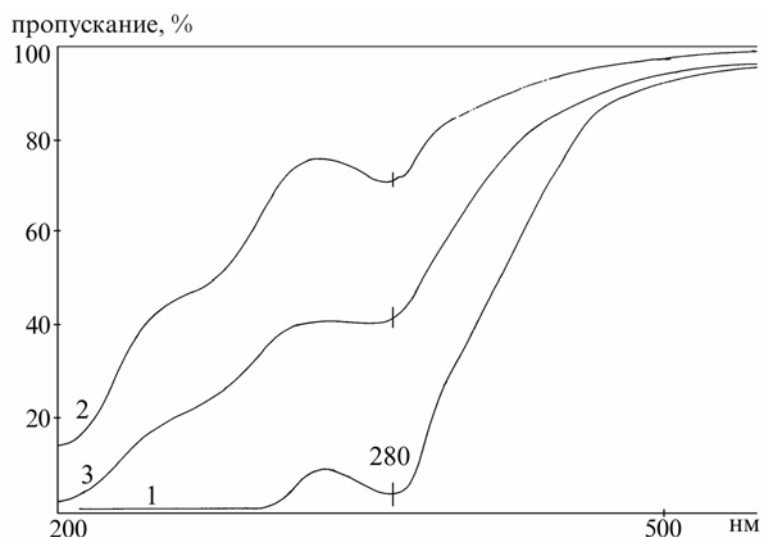


Рис. УФ-спектры водных растворов веществ: 1 – исходного ЛСТ; 2 – промывных вод слабо сшитого катионита; 3 – промывных вод слабо сшитого катионита

### Список литературы

1. Савгира Н.Е., Пономарев О.И. Охрана водных ресурсов в целлюлозно-бумажном производстве // Обз. инф.– М.: ВНИПИЭИлеспром., 1988.– Вып. 5.– 48 с.
2. Шамко В.Е. Состояние и перспективы развития сульфитных процессов // Обз. инф. – М.: ВНИПИЭИлеспром, 1988. – 50 с.
3. Переработка сульфатного и сульфитного щелоков. – М., 1989. – 360 с.
4. Сапотницкий С.А. Использование сульфитных щелоков. – М., 1965. – 281 с.
5. Элиашберг М.Г., Цыпкина М.Н., Махновецкая Г.И. и др. Способ получения катионообменной смолы из отработанных растворов сульфит-целлюлозного производства. А. с. № 173952 (СССР). Бюл. 16, 1965.
6. Христюк И.А., Тихомирова Н.Г., Махновецкая Г.И., Ардашникова Б.М. Получение катионообменной смолы из сульфитных щелоков: Сб. тр. ВНИИБ. – 1970. – Вып. 57.– С. 94–102.
7. Элиашберг М.Г., Цыпкина М.Н. Варка сульфитной целлюлозы с кислотой на аммонийном основании // Бум. пром-сть. – 1959. – № 12.– С. 2–6.
8. Цыпкина М.Н., Махновецкая Г.И., Сергеева В.В. Об «активной» и «неактивной» сере катионитов // ЖПХ. – 1962. – Т. 35. – Вып. 11. – С. 2440–2444.
9. Неволин В.Ф. Малоотходная технология – путь решения экологических проблем в целлюлозно-бумажной промышленности / Ресурсосберегающая технология и оборудование в химико-лесном комплексе // Материалы научн.-техн. конф.– Л., 1989.– С.19–26.



## СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В РАЗВИТИИ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА БУМАГИ И КАРТОНА

С.М. ТАРАСОВ, *асп. каф. хим. технологии древесины и полимеров МГУЛа*,  
В.И. АЗАРОВ, *проф. каф. хим. технологии древесины и полимеров МГУЛа*,  
И.Н. КОВЕРНИНСКИЙ, *проф. каф. хим. технологии древесины и полимеров МГУЛа*

Современные требования к качеству бумажно-картонной продукции предполагают комплексное совершенствование технологии ее производства. В настоящее время в мировой бумажной промышленности наблюдается стойкая тенденция к оптимизации производственного процесса на всех его стадиях, начиная с массоподготовки и кончая подачей готовой продукции на склад перед отправкой ее потребителю.

За последние годы значительный успех был достигнут в области разработки и применения активных химических добавок, вводимых в бумажную массу с целью повышения качества готовой продукции и оптимизации технологического процесса производства, в том числе с участием авторов статьи [1, 3, 4–7]. Были разработаны эффективные химикаты для придания бумаге и картону ряда важных потребительских свойств: повышения гидрофобности, прочности в сухом и влажном состояниях, оптических свойств и др.

В настоящее время большая часть всей бумажно-картонной продукции в мире вырабатывается путем формования бумажного полотна не в кислой, как раньше, а в нейтральной и слабощелочной средах, благодаря чему достигается ряд существенных преимуществ: более высокая прочность бумаги, ее повышенная долговечность, улучшенные оптические свойства и др., а также более высокая технологичность производственного процесса, заключающаяся в лучшей работе и меньшей коррозии оборудования, снижении нагрузки на очистные сооружения и др. [8]. Осуществить «нейтральное» производство бумаги можно лишь при использовании химикатов, обеспечивающих в этих условиях придание материалу необходимых потреби-

тельских свойств, в частности, необходимой степени гидрофобности («проклейки»). Основным материалом для нейтральной проклейки в настоящее время являются димеры алкилкетенов (ДАК) – димеризованные продукты на основе кетенов высших жирных кислот, впервые разработанные и внедренные в производство компанией HERCULES (США), и выпускаемые, кроме вышеуказанной компании, рядом ведущих зарубежных фирм: «BASF», «KEMIRA» и др. В России промышленное производство ДАК в последние годы было освоено на ОАО «Химпром» (г. Волгоград). Выгодное отличие проклейки ДАК от «классической» канифольной проклейки заключается в следующем. Вступая в химическую реакцию с целлюлозой, ДАК обеспечивают требуемый уровень проклейки при значительно меньших расходах по сравнению с канифолью и не требуют применения коагулянтов. Технология клея на основе отечественных димеров алкилкетенов была разработана авторами статьи [4], причем проклеивающая эффективность разработанного клея не уступала импортным аналогам.

Несмотря на всю привлекательность использования для проклейки бумаги и картона клеев на основе ДАК, у такой проклейки есть некоторые недостатки, в первую очередь это: высокая стоимость самих ДАК; постепенное нарастание величины проклейки после схода бумаги с наката БДМ, при этом максимальная величина проклейки достигается примерно через 14 дней [8]. Кроме того, преимущественное использование проклейки ДАК при производстве бумажно-картонной продукции в развитых странах Запада связано еще и с дефицитом лесных ресурсов и, как следствие, – канифольных материалов. Для России же с ее богатыми лесными ресурсами,

то есть практически неограниченной сырьевой базой для производства дешевых проклеивающих материалов на основе канифоли отказ от канифольной проклейки кажется противоестественным. Авторами статьи установлено, что при правильно организованной технологии производства даже с применением канифольной проклейки можно добиться высокого качества получаемой продукции путем выбора оптимальных условий производства и оптимального сочетания вводимых в бумажную массу химикатов. рН бумажной массы при использовании канифольной проклейки в этом случае может быть повышено до 7,5, что соответствует рН при выработке бумажно-картонных материалов при проклейке ДАК. При этом вырабатываемый материал по своим качественным показателям не только не уступает, но по некоторым из них – даже превосходит материал, изготовленный с применением проклейки ДАК и других соответствующих химических добавок [6, 7]. Разработкой новых канифольных и композиционных клеев с последующим определением условий их осаждения и закрепления на целлюлозном волокне можно значительно оптимизировать процесс проклейки бумажно-картонных материалов. В настоящее время такие разработки ведутся, в том числе и с участием авторов статьи [5]. Однако всё вышеперечисленное не означает отказ от целлюлозореактивных проклеивающих веществ, в т.ч. ДАК, хотя бы по той причине, что для некоторых видов бумаги и картона невозможно добиться высокого качества без их использования, тем более что эти вещества уже начали производиться в России.

Для производства бумаги и картона в настоящее время используется широкий ряд химических добавок разного назначения: проклеивающих веществ, коагулянтов, флокулянтов, упрочняющих, удерживающих, фиксирующих веществ, деаэраторов и др. Ведущими зарубежными фирмами разработаны специальные системы подачи химикатов в бумажную массу, назначение которых – комплексное решение проблем повышения качества готовой продукции и технологичности производственного процесса. В послед-

ние годы в России также разрабатываются и находят промышленное применение химические добавки для бумажной промышленности, не уступающие по своим характеристикам импортным аналогам. Например, полиоксихлорид алюминия отечественного производства (торговое название «Аква-Аурат»), разработанный и выпускаемый на ОАО «Аурат», г. Москва, является химической добавкой, способной комплексно решать многие задачи бумажно-картонного производства: повышение качества продукции; улучшение работы бумагоделательного оборудования; снижение загрязненности сточных вод и др. «Аква-Аурат» был впервые внедрен в промышленное использование на ОАО «Караваево», Московская область, с участием авторов статьи, которыми были всесторонне исследованы технологические аспекты его использования и разработана технология его применения в бумажно-картонном производстве. Бумажно-картонные материалы, изготовленные с использованием «Аква-Аурата», обладают хорошими качественными показателями и практически не уступают по этим показателям импортным аналогам [5–7].

Не менее важное значение уделяется совершенствованию технологического оборудования бумажного производства, в частности, бумагоделательных машин (БДМ). Ряд ведущих зарубежных фирм, таких, как “VOITH SULZER”, “BLACK CLAWSON” и др. ведут непрерывную разработку новых видов бумагоделательного оборудования. В современном бумагоделательном производстве отдано предпочтение, где это возможно, формованию бумажного полотна между двумя сетками БДМ (двухсеточный способ формования) взамен формованию на плоской сетке. Благодаря этому достигается ряд важных преимуществ: отсутствие разносторонности бумажного полотна, компактность и высокая скорость работы, а, следовательно, производительность оборудования. Скорость современных БДМ, предназначенных для выпуска массовых видов бумаги и картона, составляет 1000 – 2000 м/мин и более. В последние годы были созданы высокотехнологичные составляющие БДМ, обеспечиваю-

щие ее хорошую работу и производство продукции самого высокого качества: пресса высокой интенсивности; улучшенная конструкция сушильной части; каландры более совершенной конструкции. Значительно повысились рабочие показатели отдельных элементов конструкции БДМ, часто считающихся второстепенными, но имеющих исключительно важное значение для производства продукции, таких, как всевозможные сукна, например, для прессовой и сушильной частей; составляющие регистровой части; валы разного назначения; всевозможные покрытия, например, для сушильных цилиндров и др. Суперкаландры, ранее не входившие в состав БДМ и работавшие автономно, в настоящее время стараются включать в состав БДМ (концепция «в одну линию»). Значительно повысилась оснащенность бумагоделательного оборудования автоматическими системами управления производственным процессом, благодаря чему работа оборудования была значительно улучшена, контроль параметров его работы и управление качеством продукции стали намного более удобными, повысилась производительность [9–11].

В связи с наблюдаемым в последнее время дефицитом свежих волокнистых полуфабрикатов, таких, как целлюлоза, полуцеллюлоза и древесная масса, их высокой стоимостью и экологическими проблемами, связанными с их производством, в мировой бумажной промышленности в последнее время наблюдается стойкая тенденция к увеличению использования для производства бумажно-картонной продукции вторичного волокнистого сырья – макулатуры. Для бумажных предприятий, особенно малых, не имеющих собственного производства волокнистых полуфабрикатов, использование вторичного волокнистого сырья является экономически выгодным по причине того, что его стоимость обычно в несколько раз ниже, чем стоимость свежих волокнистых полуфабрикатов. Многие сорта бумаги и картона в настоящее время изготавливаются из 100 % макулатуры, а некоторые высококачественных виды писчебечатных бумаг, изготавливаемых в США, содержат в композиции более 50 % вторичного

волокна. Технология переработки макулатуры для максимального восстановления первоначальных бумагообразующих свойств вторичного волокна требует применения высокотехнологичного оборудования для подготовки бумажной массы. Современные конструкции этих аппаратов, таких, как гидродразбиватели, сортировки, энтштипперы, турбосепараторы, работа которых в настоящее время полностью автоматизирована, позволяют придать вторичному волокну необходимые показатели для выпуска высококачественной продукции [10, 2].

Однако для восстановления бумагообразующих свойств вторичных волокон только гидродинамической обработки в соответствующих аппаратах часто бывает недостаточно. Обусловлено это, очевидно, необратимостью процессов, происходящих на стадии сушки бумажного полотна, когда происходит «ороговение» гемицеллюлозной части волокон и часть функциональных групп, обеспечивающих межволоконное связеобразование, блокируется. Кроме того, теряется прочность самого волокна, оно становится более хрупким и ломким. Поэтому, кроме гидродинамической обработки вторичного волокна, при изготовлении из него бумажно-картонных материалов требуется применение специальных химических добавок для комплексного улучшения качества конечной продукции. В первую очередь это связующие, обеспечивающие лучшее межволоконное связеобразование и, следовательно, прочность изготавливаемого материала. Также желателен применение веществ, снижающих пористость и пылимость материала. Наиболее эффективно это достигается поверхностной обработкой полотна в клеильном прессе растворами адгезивов, что, кроме того, приводит к значительному повышению общих качественных показателей готовой продукции. Если нет возможности использовать клеильный пресс, то химические добавки вводятся в бумажную массу, но их комплекс в этом случае является более сложным: это связующие, деаэраторы для вытеснения воздуха с поверхности волокна, флокулянты для лучшего распределения волокон в толще

бумажного полотна, удерживающие добавки и др. Вопрос улучшения качества бумажно-картонных материалов с помощью функциональных химических добавок в настоящее время является очень актуальным. В этом направлении ведутся активные исследования, в том числе с участием авторов статьи [7]. Существующие уже в настоящее время разработки в этой области позволяют выпускать широкий ассортимент массовых видов бумажно-картонной продукции из вторичного волокна, отвечающей всем предъявляемым к ней качественным требованиям.

### Список литературы

1. Крылатов Ю.А., Ковернинский И.Н. Проклейка бумаги. – М.: Лесная пром-сть, 1987.
2. Волков В.А. Особенности использования вторичного волокна в производстве бумаги и картона // Науч. тр. 3-ей Международной научно-технической конференции «Создание конкурентоспособного оборудования и технологий для изготовления бумажно-картонной продукции из вторичного волокнистого сырья», 15–17 мая 2002 г. – Караваево – Правдинский, 2002. – С. 8 – 13.
3. Ковернинский И.Н., Азаров В.И. Производство бумаги в щелочной среде // Науч. тр. МГУЛ. Вып. 277. – М.: МГУЛ, 1995.
4. Тарасов С.М., Ковернинский И.Н. Роль новых гидрофобизирующих материалов в производстве бумаги и картона // Науч. тр. Вып. 319. – М.: МГУЛ, 2002.
5. Тарасов С.М., Ковернинский И.Н., Азаров В.И. Новый высокосмоляной клей на основе продуктов переработки таллового масла // Науч. тр. 3-й Международной научно-технической конференции «Создание конкурентоспособного оборудования и технологий для изготовления бумажно-картонной продукции из вторичного волокнистого сырья», 15–17 мая 2002 г. – Караваево – Правдинский, 2002.
6. Тарасов С.М., Ковернинский И.Н. Использование добавки «Аква-Аурат» при проклейке целлюлозных материалов канифольными клеями // Науч. тр. Вып. 315(3). – М.: МГУЛ, 2002. – С. 49 – 54.
7. Тарасов С.М., Ковернинский И.Н. Влияние добавки «Аква-Аурат» на прочностные свойства картона из макулатуры // Материалы международной конференции «Экология северных территорий России. Проблемы, прогноз ситуации, пути развития, решения». – Архангельск, 2000.
8. Нейтральное производство бумаги // Материалы фирмы HERCULES (США) / Перев. с англ. – М.: МГУЛ, 2000.
9. Together: Paper Technology Journal. – Voith Sulzer Papiertechnik GmbH & Co. KG. – 11. – Copyright 2/01.
10. Papermaking Science and Technology. Book 7: Recycled Fiber and Deinking. – TAPPI Press, 1998.
11. Together: Paper Technology Journal. – Voith Sulzer Papiertechnik GmbH & Co. KG. – 5. – Copyright 2/98.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОКЛЕЙКИ КАРТОНА ДЛЯ ПЛОСКИХ СЛОЕВ ЖИРНЫМИ КИСЛОТАМИ ТАЛЛОВОГО МАСЛА В НЕЙТРАЛЬНОЙ СРЕДЕ

С.М. ТАРАСОВ, *асп. каф. хим. технологии древесины и полимеров МГУЛа*

**В**сё возрастающие требования к качеству бумажно-картонной продукции заставляют искать новые технологические решения относительно процесса ее производства, в котором важная роль принадлежит химикатам, вводимым в бумажную массу, и, в частности, гидрофобизирующим, или, как их часто принято называть, проклеивающим веществам. Современная тенденция в технологии проклейки бумажно-картонных материалов – это ее осуществление в нейтральной и слабощелочной среде, благодаря чему имеется возможность повысить качество конечной продукции и технологичность про-

изводственного процесса. Однако промышленно выпускаемые в настоящее время химикаты для нейтральной проклейки достаточно дороги и их использование невозможно без существенного увеличения себестоимости продукции.

С учетом вышеперечисленных факторов ставилась задача достижения максимальных технологических результатов при производстве бумажно-картонных материалов в нейтральной среде с использованием дешевого и широко доступного сырья отечественного производства. К такому виду сырья, в частности, можно отнести продукты

переработки таллового масла – побочные продукты сульфатцеллюлозного производства. Для исследований была использована продукция Соломбальского ЦБК. Ранее уже исследовалась возможность проклейки бумаги и картона с использованием данных продуктов и был получен ряд положительных результатов [4]. В данной статье представлены результаты следующего этапа исследований в этом направлении.

«Классическими» проклеивающими материалами принято считать продукты на основе канифоли. Однако следует учесть, что во всех мировых запасах древесного сырья смоляных кислот, оставляющих основу канифоли, примерно в 3 раза меньше, чем жирных кислот, так как большую часть мировых запасов древесины составляют листовые породы, в которых содержание смоляных кислот незначительно [1 – 3]. Однако жирные кислоты, являющиеся одним из основных продуктов переработки таллового масла, несмотря на свою распространенность в природе, до настоящего времени не нашли широкого применения в целлюлозно-бумажной промышленности.

С целью установления проклеивающей эффективности жирных кислот таллового масла в лабораторных условиях были изготовлены отливки картона-основы для плоских слоев гофрированного картона массой  $150 \text{ г/м}^2$  из 100 % макулатуры (смесь марок МС-6 и МС-7). Жирные кислоты вводились в волокнистую массу в виде натриевых солей (мыл), полностью растворимых в воде. Уровень проклейки определялся по методу Кобб<sub>60</sub>, заключающемуся в определении поверхностной впитываемости дистиллированной воды поверхностью листа картона при его одностороннем смачивании.

Для осуществления процесса гидрофобизации (проклейки) целлюлозных материалов при вышеуказанных условиях в бумажную массу необходимо подавать осаждающий агент («коагулянт»), необходимый для осаждения и закрепления клеевых частиц на целлюлозном волокне. В качестве коагулянтов были выбраны: сернокислый алюминий – коагулянт, наиболее распро-

страненный в целлюлозно-бумажной промышленности; перспективный в настоящее время коагулянт – полиоксихлорид алюминия, выпускаемый в России под торговым названием «Аква-Аурат». Коагулянты вводились в волокнистую массу после ввода в нее всех остальных химикатов. рН бумажной массы поддерживалось на уровне 7,0, то есть опыты производились при формировании материала в нейтральной среде. Результаты представлены в табл. 1. Все расходы указаны в пересчете на сухое вещество, кроме расхода «Аква-Аурата» – его расход указан по готовому товарному раствору «Аква-Аурат-18».

Из табл. 1 видно, что если сравнивать эффективность проклейки картона натриевыми мылами жирных кислот с использованием сульфата алюминия и «Аква-Аурата», то во втором случае она намного выше. Введение в бумажную массу катионного крахмала положительно влияет на эффективность проклейки, что связано, очевидно, с лучшим удержанием мелочи и, следовательно, клеевого осадка, лучше всего осаждающегося на мелком волокне. При расходе жирных кислот 3 кг/т с введением катионного крахмала в массу и без него при использовании сульфата алюминия в качестве коагулянта уровень проклейки находился в пределах  $239...330 \text{ г/м}^2$ , что соответствует показателям для неклееного материала. При тех же условиях, но с использованием «Аква-Аурата» вместо сульфата алюминия, уровень проклейки находился в пределах  $113...252 \text{ г/м}^2$ , то есть был выше и соответствовал параметром слабосклееного материала. При увеличении расхода жирных кислот до 6 кг/т при использовании сульфата алюминия уровень проклейки имел очень низкое среднее значение  $212 \text{ г/м}^2$  и находился в интервале  $163...237 \text{ г/м}^2$ , а при использовании «Аква-Аурата» – в интервале  $35...164 \text{ г/м}^2$  со средним значением  $79 \text{ г/м}^2$ , то есть отвечал параметром среднесклееного материала, хотя и был очень нестабилен. При увеличении расхода жирных кислот до 15 кг/т с использованием сульфата алюминия уровень проклейки был высоким и на-

ходился в интервале 29...43 г/м<sup>2</sup> со средним значением 35 г/м<sup>2</sup>, что соответствует принятым стандартам на вырабатываемый картон для плоских слоев. При использовании «Аква-Аурата» в тех же условиях уровень проклейки был чрезвычайно высоким и находился в интервале 15...24 г/м<sup>2</sup> со средним значением 18 г/м<sup>2</sup>.

На основании данных табл. 1 были построены зависимости, показанные на рис. 1.

Как видно из рис. 1, зависимость уровня проклейки картона от расхода жирных кислот при использовании сернокислого алюминия в качестве коагулянта (на графике показана пунктиром) почти прямолинейная. При использовании же «Аква-Аурата» уровень проклейки повышается значительно быстрее.

Т а б л и ц а 1

**Испытание проклеивающей эффективности жирных кислот таллового масла в нейтральной среде**

№ вариан-та	Последовательность подачи химикатов				Уровень проклейки по Кобб <sub>60</sub> , г/м <sup>2</sup>								Сред. значение
	→				№№ контрольных отливок								
	КК, кг/т	ЖК, кг/т	СА, кг/т	АА, кг/т	1	2	3	4	5	6	7	8	
1	—	3	30	—	300	300	300	—	—	—	—	—	300
2	8	3	30	—	239	255	330	320	—	—	—	—	286
3	8	6	30	—	237	226	220	163	—	—	—	—	212
4	8	15	30	—	39	43	28	29	34	35	37	38	35
5	—	3	—	50	220	220	—	—	—	—	—	—	220
6	8	3	—	50	210	113	210	252	220	132	—	—	190
7	8	6	—	50	83	164	35	68	62	61	—	—	79
8	8	15	—	50	16	19	17	19	15	19	18	24	18

Условные обозначения: КК – расход катионного крахмала; ЖК – расход жирных кислот (в виде натриевых солей); СА – расход сульфата алюминия; АА – расход «Аква-Аурата-18» (товарного раствора).

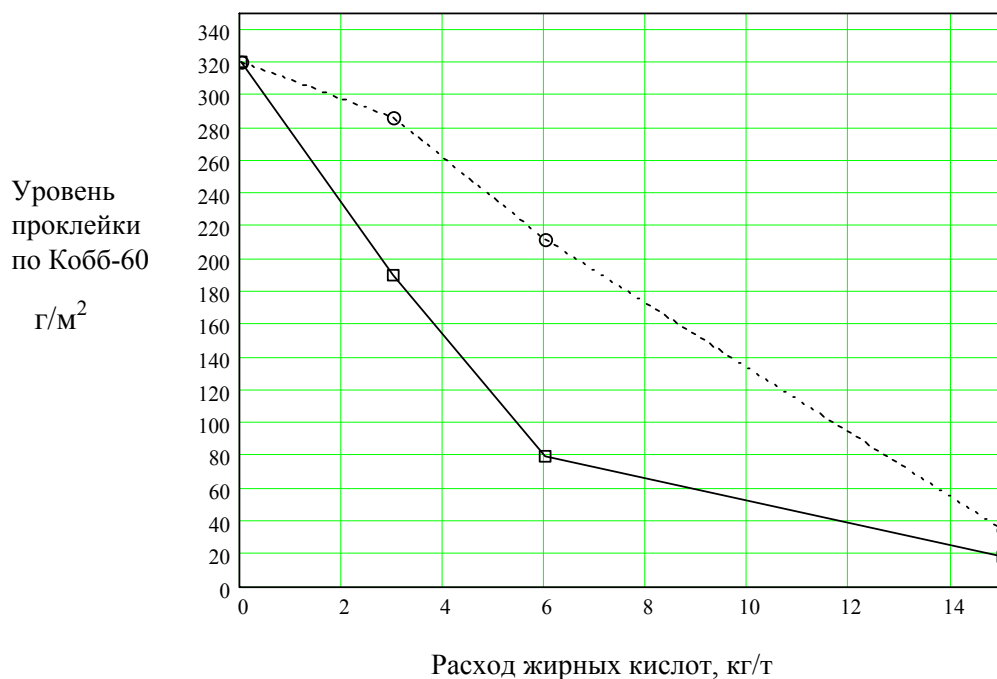


Рис. 1. Зависимость уровня проклейки от расхода жирных кислот при использовании сернокислотного алюминия и «Аква-Аурата»

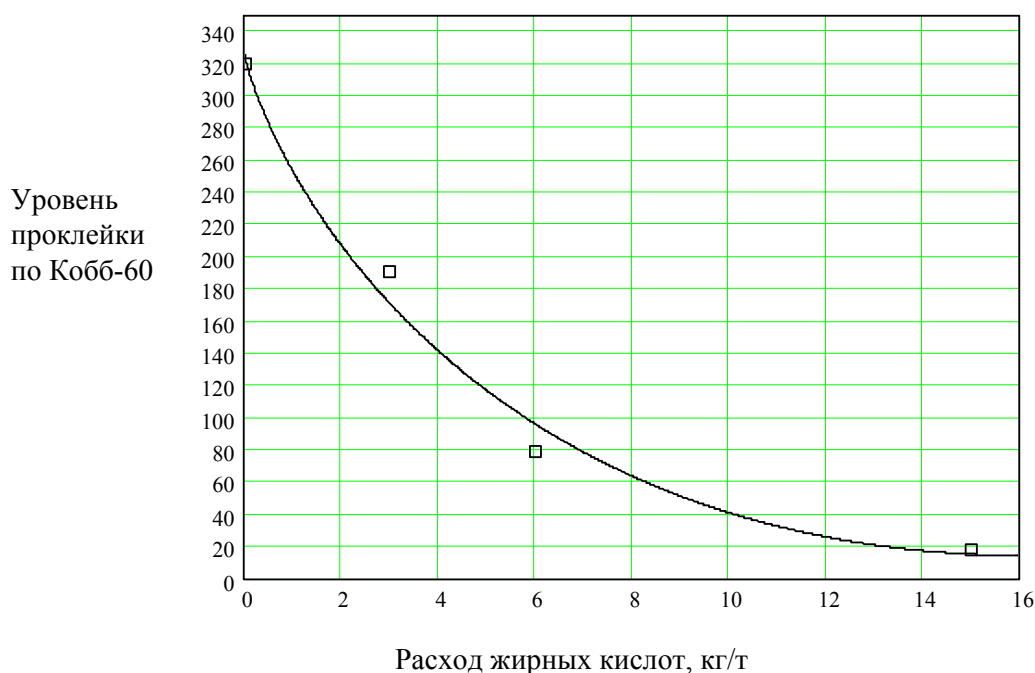


Рис. 2. Средняя зависимость уровня проклейки от расхода жирных кислот при использовании «Аква-Аурата»

При помощи математической обработки полученных результатов была получена средняя зависимость уровня проклейки картона от расхода жирных кислот при использовании в качестве коагулянта «Аква-Аурата», которая показана на рис. 2.

Как видно из рис. 2, эта зависимость имеет обратный экспоненциальный характер, в отличие от проклейки с использованием сульфата алюминия, где эта же зависимость прямолинейная. То есть при увеличении расхода жирных кислот при использовании «Аква-Аурата» уровень проклейки повышается намного быстрее, чем при использовании сульфата алюминия. Если во втором случае добиться эффективной проклейки картона в нейтральной среде можно только при относительно больших расходах жирных кислот (15 кг/т и выше), то при использовании «Аква-Аурата» в качестве коагулянта расход жирных кислот может быть снижен до 10–12 кг/т.

Таким образом, на основе полученных данных можно заключить, что разработанный способ проклейки бумажно-картонных материалов является достаточно эффективным и может найти широкое промышленное применение. Одним из самых важных факторов,

определяющих целесообразность использования жирных кислот таллового масла для проклейки бумажно-картонных материалов, является их гораздо большая распространенность в природе по сравнению со смоляными кислотами (примерно 4 : 1). Это является экономически выгодным, если учитывать дефицит канифольных материалов и относительную трудность их использования в бумажной промышленности.

#### Список литературы

1. Лесохимические продукты сульфатцеллюлозного производства / А.И. Головин, А.Н. Трофимов, Г.А. Узлов и др. – М: Лесная пром-сть, 1988. – 288 с.
2. Сумароков В.П., Ваньян М.Л., Аскинази А.И. Талловое масло. – М.: Лесная пром-сть, 1965. – 148 с.
3. Кононов Г.Н. Химия древесины и ее основных компонентов: Учеб. пособие для студентов специальностей 2602 00, 2603 00 – М.: МГУЛ, 1999. – 247 с.
4. Тарасов С.М., Ковернинский И.Н., Азаров В.И. Новый высокосмоляной клей на основе продуктов переработки таллового масла // Науч. тр. 3-й Международной научно-технической конференции «Создание конкурентоспособного оборудования и технологий для изготовления бумажно-картонной продукции из вторичного волокнистого сырья», 15–17 мая 2002 г. – Караваево – Правдинский, 2002.

## ПОСТАНОВКА И РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ СИНТЕЗА И ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ ЛЕСОЗАГОТОВОК

С.Б. ЯКИМОВИЧ, докторант МГУЛа

Основная цель объявленной задачи – минимизация удельной энергоемкости технологического процесса (ТП) лесозаготовок посредством синтеза оптимального процесса, то есть получения соответствующей траектории ТП и программы управления, при выполнении соответствующих ограничений. В ряде случаев может быть более частная формулировка цели. А именно, определение программы скорости транспортировки и изменения объема предмета труда (ПТ) по маршруту ТП, обеспечивающей минимум расхода энергии (топлива) с ограничениями на мощность и иные переменные управления и состояния ТП. Основа способа отображения ТП лесозаготовок посредством вариационного исчисления и теории оптимального управления процессами изложена в [1],[2].

Факторами управления в задачах минимизации удельной энергоемкости ТП являются:

1) форма траектории изменения объема ПТ, ее математическое выражение и отвечающая этой форме степень совмещения (размещения) технологических и переместительных функций лесозаготовительных машин [3];

2) текущая координата перемещения ПТ по маршруту ТП; скорость перемещения (транспортировки); текущее значение объема ПТ и скорость его изменения или скорость резания(подачи), определяющие динамику изменения объема ПТ; в ряде случаев может быть использовано и ускорение при транспортировке и изменении объема ПТ.

Факторы состояния определяются природно-производственными условиями. А именно:

– стохастичностью предмета труда [4], [5], [6];

– стохастичностью процессов изменения объема и транспортировки ПТ [2], отражаемых математически посредством теории стохастических процессов.

Ограничения определяются из физической сущности процесса и граничных условий. Например, по мощности, скорости изменения объема и транспортировки ТП, геометрией и размерами ПТ и других составляющих ТП.

Удельная энергоемкость, как критерий, определена целью поставленной задачи. Однако, при необходимости, могут конструироваться критерии в виде свертки удельной энергоемкости (либо энергоемкости ТП или интеграла действия) и металлоемкости, удельного расхода топлива и др.

Постановка задачи при непрерывных функционале и системе уравнений состояний имеет следующий вид.

Найти такой процесс (траекторию технологического процесса  $V(t)$  и управления  $u$ , её обеспечивающие, а также соответствующее полученной траектории размещение технических функций и степень их совмещения в пространстве и времени маршрута ТП) при котором интегральный функционал удельной энергоемкости ТП,  $\text{дж/м}^3$

$$g = \int_0^T \left[ \rho \delta \cdot x^2 + \rho g (f \cos \alpha \pm \sin \alpha) \right] x^2 + \frac{\left( \frac{x^3 \cdot R_x}{u^2} \right)^{1-p} \cdot v^p k_p b^{(1-p)} H(1 + \alpha_o)}{x^3} dt \rightarrow \min, \quad (1)$$



процесс соответствует системе дифференциальных уравнений (уравнений состояний)

$$\begin{cases} x^1 = x^2 \\ x^2 = \frac{u_r^1 \cdot N_{en}}{x^2 \cdot \rho \cdot x^3 \cdot \delta} - \frac{g(f \cos \alpha \pm \sin \alpha)}{\delta} \\ x^3 = \frac{u_r^2 \cdot \left[ \frac{(1-u_r^1) \cdot N_{en}}{x^2 k_p b^{(1-p_1)} \cdot H \cdot (1+\alpha_0)} \right]^{1-p}}{R_x} \cdot v \end{cases} \quad (2)$$

И удовлетворяются ограничения: по номинальной мощности

$$\begin{aligned} & \left[ \rho V_i \delta x^2 + \rho V_i g(f \cos \alpha \pm \sin \alpha) \right] \cdot x^2 + \\ & + \left[ \left( \frac{x^3 R_x}{v \cdot u_r^2} \right)^{1-p} k_p b^{(1-p_1)} H (1+\alpha_0) \right] \cdot v \leq N_{en} \end{aligned}$$

на управления  $0 \leq u_r^1 \leq 1$ ,  $0,00001 \leq u_r^2 \leq V_u - V_k$ ; по граничным условиям  $x_3: V_i(0) = V_H$ ,  $V_i(T) = V_k$ ;  $x_1: l_i(0) = 0$ ,  $l_i(T) = l_k$ ;

$$x_2: l_i(0) = 0, l_i(T) = 0 \text{ (или } l'_i). \quad (3)$$

Здесь обозначены (часть обозначений дана в соответствии с принятыми в теории оптимального управления процессами [7]):  $\delta$  – коэффициент, учитывающий инерцию вращающихся масс привода и определяется по эмпирической формуле [8]  $\delta = 1,04 + 0,05 i_{кп}^2$  ( $i_{кп}$  – передаточное число коробки передач, для прицепов и других устройств перемещения предмета труда  $\delta = 1$ );  $f$  – коэффициент сопротивления качению и (или) волочению, а также протаскиванию (перемещению) ПТ при его обработке;  $\rho$  – объемная масса ПТ;  $v$  – среднее статистическое скорости резания;  $\alpha_0$  – коэффициент усилия отжима;  $k_p$  – удельная работа резания в соответствии с шагом зубьев  $t$ ;  $R_x$  – рабочий ход, определяющий путь ПТ или режущего инструмента при его обработке (делении древесины);  $b$  – ширина пропила;  $H$  – высота пропила;  $x^1$  (в традиционных обозначениях  $l_i$ ) – координата ПТ по расстоянию маршрута

ПТ;  $x^2$  (или  $l'_i$ ) – скорость транспортировки или перемещения ПТ;  $x^3$  (или  $V_i$ ) – изменяемый во времени объем ПТ;  $x^3$  – скорость изменения объема ПТ;  $u_r^1$  (или  $k_{pn}(t)$ ) – управление, определяющее коэффициент использования и распределения мощности между переместительными (транспортными) и технологическими (деление ПТ) действиями;  $u_r^2$  (или  $\Delta V_{nm}(t)$ ) – управление, определяющее объем компонента ПТ, отделенного от основного потока, и запаса между смежными технологическими действиями;  $N_{en}$  – номинальная эффективная мощность;  $V_H, V_k$  – значения объема в начальном и конечном состояниях ПТ;  $p$  и  $p_1$  – показатели вида резания и режущего инструмента.

Функционал определялся на основе выражения  $g_s = \frac{N}{P_q} = \frac{\mathcal{E}}{V_i} = \int \frac{N dt}{V_i} = \int \frac{\bar{F}_c \cdot \bar{\mathcal{G}} dt}{V_i}$ ,

здесь  $\bar{F}_c$  вектор сил сопротивления и соответствующий ему вектор скоростей  $\bar{\mathcal{G}}$ . Подынтегральное выражение функционала получено в следующей последовательности. Выразив зависимость сил сопротивления  $F_c$  в скалярном виде, как суммы транспортной и технологической составляющих

$$\begin{aligned} F_c = & \rho V_i \delta l'_i + \rho V_i g(f \cos \alpha \pm \sin \alpha) + \\ & + \left( \frac{V_i R_x}{v \cdot \Delta V_{i0}} \right)^{1-p} k_p b^{(1-p_1)} H (1+\alpha_0) \end{aligned} \quad (4)$$

и преобразовав выражение  $F_c$  с учетом введенных обозначений  $k_{pn}(t) = u_r^1$ ,  $\Delta V_{пт} = u_r^2$ ,  $v = u_r^3$ ,  $x^1 = l_i$ ,  $x^2 = l'_i$ ,  $x^3 = V_i$  ( $v$  – const для б.м. промежутка времени), получим

$$\begin{aligned} F_c = & \rho x^3 \delta \cdot x^2 + \rho \cdot x^3 \cdot g(f \cos \alpha \pm \sin \alpha) + \\ & + \left( \frac{x^3 \cdot R_x}{u_r^2 \cdot v} \right)^{1-p} \cdot k_p \cdot b^{(1-p_1)} \cdot H \cdot (1+\alpha_0) \end{aligned}$$

Тогда

$$g_s = \int_0^0 \frac{\left[ \rho \cdot x^3 \cdot \delta \cdot x^2 + \rho \cdot x^3 \cdot g(f \cos \alpha \pm \sin \alpha) \right] \cdot x^2 + \left[ \left( \frac{x^3 \cdot R_x}{u_r^2 \cdot v} \right)^{1-p} \cdot k_p \cdot b^{(1-p_1)} \cdot H \cdot (1+\alpha_0) \right] \cdot v}{x^3} dt =$$

$$= \int_0^T \frac{\left[ \rho \cdot x^3 \cdot \delta \cdot x^2' + \rho \cdot x^3 \cdot g(f \cos x \pm \sin x) \right] \cdot x^2 + \left( \frac{x^3 \cdot R_x}{u_r^2} \right)^{1-p} \cdot v^p \cdot k_p \cdot b^{(1-p)} \cdot H \cdot (1 + \alpha_0)}{x^3} dt =$$

$$= \int_0^T \left\{ \frac{\left[ \rho \cdot \delta \cdot x^2' + \rho \cdot g(f \cos \alpha \pm \sin \alpha) \right] \cdot x^2 + \left( \frac{x^3 \cdot R_x}{u_r^2} \right)^{1-p} \cdot v^p \cdot k_p \cdot b^{(1-p)} \cdot H \cdot (1 + \alpha_0)}{x^3} \right\} dt$$

Формирование ограничений производилось с учетом системы дифференциальных уравнений состояний. Ограничения на управления  $k_{pn}(t) = u_r^1$ ,  $\Delta V_{пт} = u_r^2$  определяются физической сущностью и существующей практикой технологических процессов на лесозаготовках. Коэффициент распределения мощности  $k_{pn}(t) = u_r^1$  не может быть больше единицы. Ограничение  $\Delta V_{пт} = u_r^2$  на объем отделяемого ПТ определяется начальным  $V_n$  и конечным  $V_k$  значениями. На скорость перемещения ПТ ограничение накладывалось исходя из условия неотрицательности и максимально возможного значения скорости ( $l'$ ) перемещения или транспортировки ПТ.

В сформулированной постановке (1), (2), (3) векторы функций, характеризующих состояние  $\bar{x}(t)$  и управление  $\bar{u}_r(t)$  принадлежат к бесконечномерным пространствам, предполагающим аналитическое решение, в данном случае невозможное. Для синтеза технологических процессов лесозаготовок (решения) поставленная задача оптимального управления (ОУ) сводится к задаче нелинейного программирования [9]. Преобразование бесконечномерной постановки задачи к конечномерной (параметризация задачи) для численного решения выполняется посредством нисходящих конечных разностей (метода сеток). Вместо функций непрерывного аргумента рассматривают функции, определенные только в узлах сетки – сеточные функции. Производные заменяются их разностными аналогами, интегралы (функционалы) суммами дискретных значений на основе метода прямоугольников, определенных в каждом из узлов сетки. Промежуток времени

$[0, T]$ , определяющий время прохождения по маршруту ПТ изменяющегося объема ПТ, разделяется на  $N$  равных подинтервалов (в ряде случаев длина интервала принимается в качестве переменной, является неравной и подлежит также оптимизации в процессе поиска)  $[0, t_1], [t_1, t_2] \dots [t_{N-1}, t_N]$ . Здесь  $t_N = T$  – время завершения процесса,  $\Delta t_i = t_{i+1} - t_i$  – длина подинтервала. При постоянном значении  $\Delta t_i$  обозначается как  $h$ . В дальнейшем, обозначения индекса  $i, i+1$  и т.д. при переменной  $x_i$  будет означать ее соответствие моменту времени с аналогичным индексом [7], а сами переменные представляться как функция  $x_i = x_i(t_i)$ . Дискретные уравнения состояний имеют вид  $\bar{x}_{i+1} = \bar{x}_i + hF(\bar{x}_i, \bar{u}_i, t_i)$ , а функционал  $J = h \sum_{i=0}^{N-1} f_0(\bar{x}_i, \bar{u}_i)$ . Аналогично представляются граничные условия и другие ограничения.

Тогда, постановка задачи в конечномерном виде для аналитических выражений (1), (2), (3) имеет следующий вид. Определить управление  $\bar{u}_r$  и траекторию  $\bar{x}^3, \bar{x}^1$  с законом изменения скорости транспортировки и перемещения ПТ ( $\bar{x}^2$ ), при которых функционал удельной энергоёмкости ПТ

$$g_s = h \sum_{i=0}^{N-1} \left\{ \left[ \rho \cdot \delta \cdot \left( \frac{x_{i+1}^2 - x_i^2}{h} \right) + \rho \cdot g(f \cos \alpha \pm \sin \alpha) \right] \cdot x_i^2 + \frac{\left[ \frac{x_{i+1}^3 - x_i^3}{hu_r^2} \cdot R_x \right]^{1-p} \cdot v^p \cdot k_p \cdot b^{(1-p)} \cdot H \cdot (1 + \alpha)}{x_i^3} \right\} \rightarrow \min$$

процесс соответствует системе разностных уравнений (уравнений состояний)

$$\begin{cases} x_{i+1}^1 = x_i^1 + h \cdot x_i^2 \\ x_{i+1}^2 = x_i^2 + h \left[ \frac{u_{ri}^1 \cdot N_{en}}{x_i^2 \cdot \rho \cdot x_i^3 \cdot \delta} - \frac{g(f \cos \alpha \pm \sin \alpha)}{\delta} \right] \\ x_{i+1}^3 = x_i^3 + h \frac{u_{ri}^2 \left[ \frac{(1-u_{ri}^1) \cdot N_{en}}{x_i^2 \cdot k_p \cdot b^{(1-p)} \cdot H(1+\alpha_0)} \right]^{1-p} \cdot \nu}{R_x} \end{cases}$$

И удовлетворяются ограничения:  
по номинальной мощности

$$\begin{aligned} & \left[ \rho V_i \delta \left( \frac{x_{i+1}^2 - x_i^2}{h} \right) + \rho V_i g(f \cos \alpha \pm \sin \alpha) \right] \cdot x_i^2 + \\ & + \left[ \left( \frac{x_{i+1}^3 - x_i^3}{\nu \cdot h u_{ri}^2} \right)^{1-p} \cdot R_x \cdot k_p b^{(1-p)} H(1+\alpha_0) \right] \cdot \nu \leq N_{en}; \end{aligned}$$

на управления

$$0 \leq u_{ri}^1 \leq 1, 0,00001 \leq u_{ri}^2 \leq x_{i0}^3 - x_{iN}^3$$

по граничным условиям

$$\begin{aligned} x^3(0) &= x_{i0}^3 = V_{nb}, x^3(T) = x_{iN}^3 = V_k, \\ x^1(0) &= x_{i0}^1 = 0, x^1(T) = x_{iN}^1 = l_k, \\ x^2(0) &= x_{i0}^2 = 0,00001, x^2(T) = x_{iN}^2 = l'_{ik}. \end{aligned} \quad (6)$$

Преобразованная в дискретный вид задача для принятого  $N = 20$ , содержит 92 переменных и 165 ограничений. При решении поставленной задачи использован метод

Марквардта, основанный на комбинации методов Коши и Ньютона.

Результаты синтеза одного из вариантов оптимального ГП, то есть определение траектории изменения объема и управлений в фазовых координатах представлены на рис.1. Исходные и полученные данные по синтезированному процессу следующие. Начальный объем ПТ–1 м<sup>3</sup>, конечный – 0,2 м<sup>3</sup> деление древесины цепными пилами ПЦУ–10,26, ширина пропила  $b = 9,5$  мм,  $R_x = 70$  м (23,4м для выбранного интервала  $h$ ),  $N_{en} = 50$  кВт, интервал времени между узлами сетки  $h = 20$  с, значение интегрального функционала  $g_3 = 3199924,5$  Дж/м<sup>3</sup> или 0,89кВт. ч/м<sup>3</sup>). Значение  $R_x = 70$  м физически означает, что ПТ (дерево со средним объемом равное 1 м<sup>3</sup>) очищен от сучьев, раскряжеван на пять сорторазмеров, последние два длиной по 4,5 м распилены на обрезные и необрезные пиломатериалы и доставлены на конечный пункт. По процессу на рис. 1 – в координатах рабочей позиции, первоначально выполняется переработка ПТ до конечного состояния и его последующая транспортировка до конечной позиции (среднее расстояние до погрузочного пункта – 260 м).

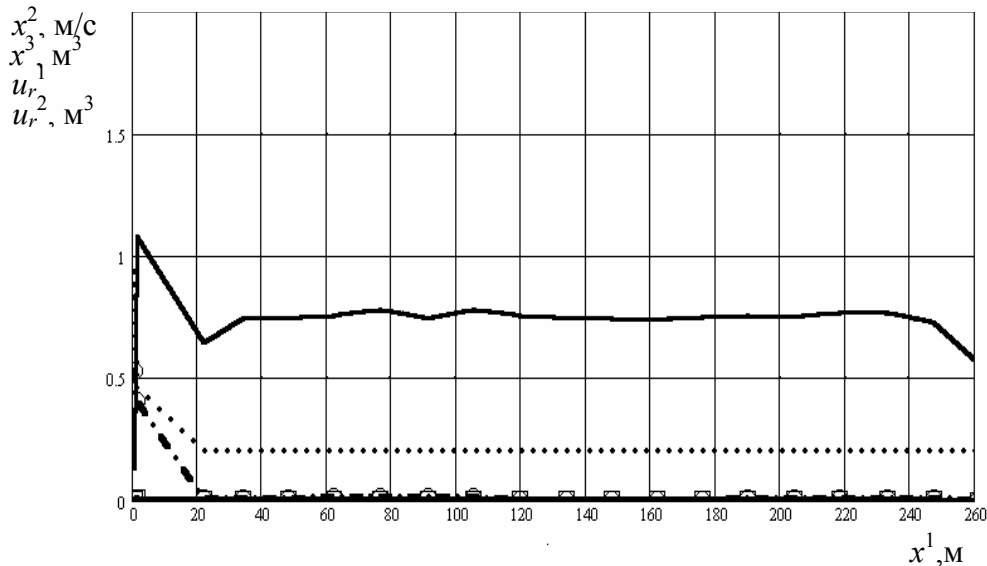


Рис.1. Траектория и управления оптимального процесса лесозаготовок(начальное состояние ПТ– растущее дерево, конечное состояние ПТ– пиломатериал): ————– скорость перемещения (транспортировки) ПТ ( $x^2$ ); ..... – объем ПТ( $x^3$ ); —□—□— коэффициент использования и распределения мощности между переместительными (транспортными) и технологическими (деление ПТ) действиями( $u_r^1$ ); —○—○— объем отделившегося от основного потока компонента ПТ ( $u_r^2$ )

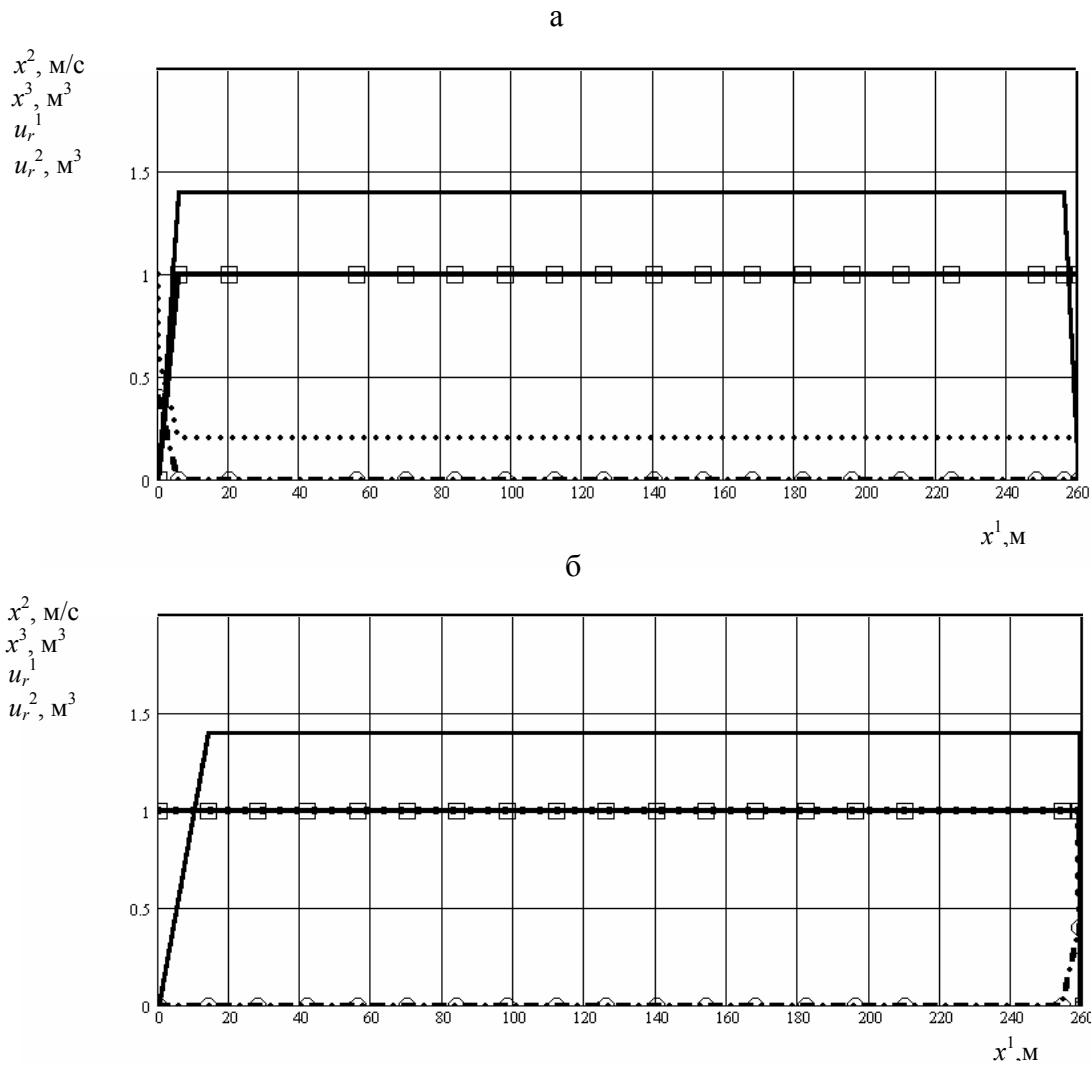


Рис. 2. Траектория и управления процесса лесозаготовок с переработкой ПТ: ———— – скорость перемещения (транспортировки) ПТ ( $x^2$ ); ..... – объем ПТ( $x^3$ ); —□—□— – коэффициент распределения мощности между переместительными (транспортными) и технологическими (деление ПТ) действиями( $u_r^1$ ); —○—○— – объем отделенного от основного потока компонента ПТ ( $u_r^2$ ); а – в координатах растущего дерева; б – в координатах погрузочного пункта

Анализ процесса на рис.1 определил задачу анализа решения, как задачу уточнения решения, в связи с погрешностями численного метода, и сопоставления трех ключевых вариантов ТП из области допустимых решений [1]. Два из них, на границах области и один промежуточный, между двумя упомянутыми. Первый вариант– процесс переработки ПТ в координатах растущего дерева или рабочей позиции и последующей транспортировки готовой продукции, второй – процесс транспортировки дерева и последующей его переработки в габаритах процессорной и лесопильной установок

на погрузочном пункте и третий, промежуточный, – процесс совмещения транспортного и обрабатывающих действий с постоянной скоростью.

Графическая интерпретация результатов синтеза для перечисленных процессов дана на рисунках 2, 3 отражающих для каждого из них изменение фазовых переменных и управлений относительно фазовой координаты – расстояния маршрута ТП. Процесс переработки ПТ в координатах растущего дерева или рабочей позиции и последующей транспортировки готовой продукции представлен на рис. 2а,

процесс транспортировки дерева и последующей его переработки в габаритах процессорной и лесопильной установок на погрузочном пункте – на рис. 2б и процесс совмещения транспортного и обрабатывающих действий с постоянной скоростью – на рис. 4.

Процесс, представленный на рис. 2а протекает следующим образом: первые 60 с происходит переработка ПТ от начального и до конечного состояний в координатах растущего дерева (ПТ очищен от сучьев, раскряжеван на пять сорторазмеров, последние два длиной по 4,5м, распилены на обрезные и необрезные пиломатериалы) и далее транспортировка ПТ в конечном состоянии до погрузочного пункта. Все отходы, в соответствии с современными требованиями ведения лесного хозяйства и систем лесной сертификации (ЛПС и др.) используются в зоне переработки для удобрения почвы. Представленный процесс характеризуется: начальный объем ПТ–1 м<sup>3</sup>, конечный (обрезной и необрезной пиломатериал) –0,2 м<sup>3</sup>, деление древесины цепными пилами ПЦУ–10,26, ширина пропила  $b = 9,5$  мм,  $R_x = 70$  м (23,4 м для выбранного интервала  $h$ ),  $N = 56,2$  кВт, значение интегрального функционала  $g_s = 3413779,8$  Дж/м<sup>3</sup> или 0,95 кВт.ч/м<sup>3</sup>)

Процесс, представленный на рис. 2б

протекает следующим образом. Первое – срезание ПТ и транспортировка в начальном состоянии (дерева) до погрузочного пункта с полным исключением потерь различных компонентов деревьев. Далее, в течении 60 с происходит переработка дерева от начального и до конечных состояний (очистка от сучьев, раскряжевка на пять сорторазмеров, последние два длиной по 4,5 м, распиливаются на обрезные и необрезные пиломатериалы) для различных компонентов в координатах процессорной или лесопильной установок. Все полученные компоненты (сортименты, пиломатериал, сучья, кора, опил и др.) полностью используются. Все перерабатывается без отходов и реализуется потребителю. В противном случае энергоемкость процесса возрастает и подлежит пересчету на основе фактически использованного конечного объема ПТ. Представленный процесс характеризуется полным совпадением параметров с параметрами процесса на рис. 2а : начальный объем ПТ–1 м<sup>3</sup>, конечный (обрезной и необрезной пиломатериал) – 0,2 м<sup>3</sup>, деление древесины цепными пилами ПЦУ–10,26, ширина пропила  $b = 9,5$  мм,  $R_x = 70$  м (23,4 м для выбранного интервала  $h$ ),  $N = 56,2$  кВт, значение интегрального функционала  $g_s = 3413779,8$  Дж/м<sup>3</sup> или 0,95 кВт.ч/м<sup>3</sup>)

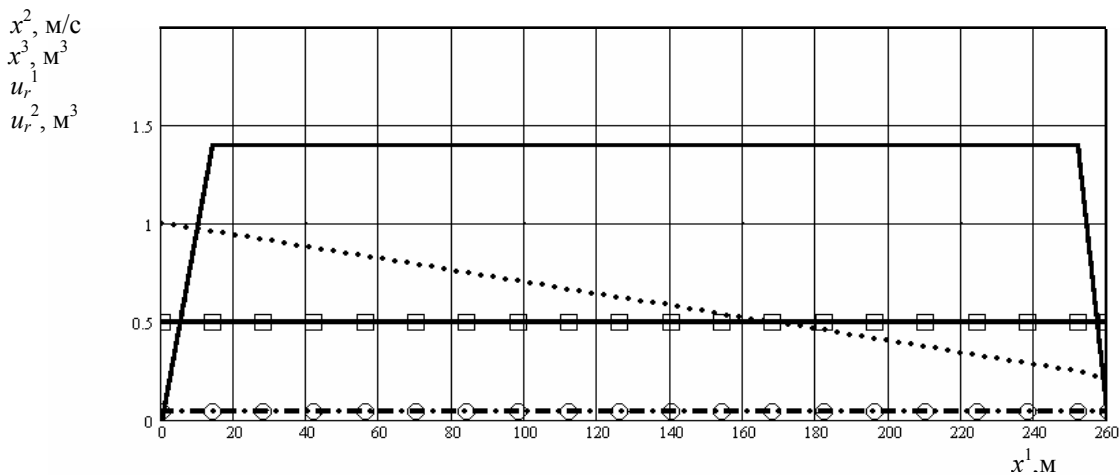


Рис. 3. Траектория и управления процесса лесозаготовок с совмещенными транспортировкой и обработкой ПТ: ———— – скорость перемещения (транспортировки) ПТ ( $x^2$ ); ..... – объем ПТ( $x^3$ ); —□—□— – коэффициент распределения мощности между переместительными (транспортными) и технологическими (деление ПТ) действиями( $u_r^1$ ); —○—○— – объем отделившегося от основного потока компонента ПТ ( $u_r^2$ )

Совмещение процесса транспортировки с обработкой ПТ во времени, графическая интерпретация которого дана на рис. 3 реализуется в следующей последовательности. Отделенное от пня дерево обрабатывается (очистка от сучьев, раскряжевка на пять сорторазмеров, последние два длиной по 4,5, распиливаются на обрезные и необрезные пиломатериалы) и перемещается к конечной точке маршрута ТП (погрузочный пункт). При этом отходы (сучья, опил и др.) отделяются и остаются в точке маршрута, где произошло отделение. Процесс обработки и транспортировки завершается одновременно. Представленный процесс характеризуется следующим: начальный объем ПТ—1 м<sup>3</sup>, конечный (обрезной и необрезной пиломатериал) — 0,2 м<sup>3</sup>, деление древесины цепными пилами ПЦУ—10,26, ширина пропила  $b = 9,5$  мм,  $R_x = 70$  м (3,7 м для выбранного интервала  $h$ ),  $N = 16,3 \dots 17,5$  кВт, значение интегрального функционала  $g_3 = 12300210$  Дж/м<sup>3</sup> или 3,4 кВт.ч/м<sup>3</sup>). Характер изменения значений мощности определяется переходными процессами разгона и торможения ПТ при одновременной его обработке (диапазон значений 16,3...16,8 кВт). А также процессом установившегося движения с одновременным отделением компонентов ПТ равными долями, объемом 0,042 м<sup>3</sup> для каждого подинтервала  $h$ . При этом значение потребляемой мощности, в связи с уменьшением объема ПТ, снижается от 17,507 до 16,677 кВт с шагом 0,052 кВт.

### Выводы

1. Постановка задачи оптимизации траектории и разработанный интегральный функционал удельной энергоемкости ТП лесозаготовок позволяют реализовать обоснованный выбор оптимальной траектории ТП. Форма траектории изменения объема ПТ и ее математическое выражение определяют, отвечающие этой форме, степень совмещения (размещения) технических функций лесозаготовительных машин и место выполнения обрабатываемых действий.

2. Использование уравнений состояний ТП и постановка задачи оптимизации

ТП, как задачи оптимального управления по критерию удельной энергоемкости позволяет дополнительно, кроме оптимальной траектории и, соответственно степени совмещения функций лесозаготовительных машин, определить законы управлений, реализующих эту траекторию. В качестве управлений рекомендуется принимать: объем отделяемых от основного потока компонентов ПТ; коэффициент использования и распределения номинальной мощности; скорость резания при делении ПТ; скорость транспортировки. Законы управлений могут быть использованы при разработке регуляторов лесных машин.

3. Синтезированные на основе поставленных задач технологические процессы (траектории и управления) по критерию удельной энергоемкости и анализ полученных решений привели к следующему заключению:

- разработанная дискретная математическая модель и постановка задачи нелинейного программирования на ее основе адекватно реагируют на изменения ограничений и переменных состояния моделируемого процесса (например, недостаточность мощности для реализации процесса в рамках отведенного интервала времени приводит к уменьшению расстояния перемещения ПТ и снижению объема отделяемых компонентов ПТ);

- оптимальными процессами, по критерию удельной энергоемкости, являются процессы, реализующие полную переработку ПТ в начальной (например, в координатах растущего дерева) или конечной позициях маршрута ТП (например, в координатах рабочей позиции обрабатываемой машины лесопромышленного склада);

- сравнительные результаты значений удельной энергоемкости при принятых исходных данных для траекторий, определяющих переработку в координатах растущего дерева или рабочей позиции обрабатываемой машины на погрузочном пункте, и траекторий с совмещенными транспортировкой и обработкой ПТ, определяют эффективность первых (траекторий на границе ОДР) в 3,6 раза, но для ТП с совмещенными

транспортировкой и обработкой требуемая необходимая мощность в 3,2 раза меньше;

процесс полной переработки в координатах растущего дерева и последующей транспортировки конечных состояний ПТ позволяет ограничиться минимальными размерами буферных и межоперационных запасов в связи с тем, что неравномерность процессов обработки конкретного дерева имеет минимальный разброс и носит предсказуемый характер.

### Список литературы

1. Редькин А.К., Якимович С.Б. Способ моделирования и проектирования технологических процессов лесопромышленного комплекса // Лесной вестник. – М.: МГУЛ, 2000. – № 4. – С. 55 – 69.
2. Якимович С.Б. Измерение и проектирование технологических процессов лесопромышленного комплекса / МарГТУ. – Йошкар-Ола, 1997. – 29 с. – Деп. в ВИНТИ, № 1931–В97.
3. Якимович С.Б. Оптимальное размещение технологических функций по маршруту лесозаготовительного процесса // Социально-экономические и экологические проблемы лесного комплекса: Сб. материалов Международной научно-технической конференции / Уральский гос. лесотехн. ун-т. – Екатеринбург, 2003. – С. 200 – 201.
4. Редькин А.К. Основы моделирования и оптимизации процессов лесозаготовок: Учебник для вузов. – М.: Лесная пром-сть, 1988. – 256 с.
5. Никишов В.Д. Комплексное использование древесины: Учебник для вузов. – М.: Лесная пром-сть, 1985. – 264 с.
6. Боровиков А.М., Уголев Б.Н. Справочник по древесине. – М.: Лесная пром-сть., 1989. – 296 с.
7. Понтрягин А.С., Болтянский В.Г., Гамкрелидзе Р.В., Мищенко Е.Ф. Математическая теория оптимальных процессов. – М.: Наука, 1983. – 392 с.
8. Лесные машины \ Г.М. Анисимов, С.Г. Жендаев, А.В. Жуков, В.М. Котиков и др. – М.: Лесная пром-сть, 1989. – 512 с.
9. Моисеев Н.Н. Математические задачи системного анализа. – М.: Наука, 1981. – 448 с.

## СИНТЕЗ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА ЛЕСОСЕЧНЫХ РАБОТ

А.В. МЕХРЕНЦЕВ, УГЛТУ, канд. техн. наук,  
Е.А. САЗОНОВА, асп. УГЛТУ

**В**недрение систем лесозаготовительных машин предъявляет свои требования к организации и структуре производственных процессов. При этом производственный процесс на базе новой лесозаготовительной техники можно строить по традиционным методикам или в соответствии с новым подходом.

Разработку основных принципов построения производственных процессов целесообразно начать с анализа основных требования к построению в целом всего лесозаготовительного производства, затем отдельных его фаз и операций. Детальный же анализ систем машин с применением системного подхода следует выполнять в обратном порядке, т.е. вначале операция, затем технологический и производственный процессы.

При организации и проектировании технологического процесса большое значение имеет правильный выбор и расчет комплекса машин, позволяющего выполнить заданный объем заготовки леса в установ-

ленные сроки с высокими экономическими показателями.

При выборе и обосновании производства необходимо определить систему машин, соответствующую производственным условиям предприятия, а также схему комплектации и количество машин в комплексе.

При анализе функционирования лесозаготовительных систем не всегда правильно применять известные показатели надежности, так как в некоторых случаях отказ элемента системы может не привести к отказу всей системы. Для оценки технологической надежности лесозаготовительных систем целесообразно ввести комплексный количественный показатель, характеризующий эффективность функционирования системы лесозаготовительных машин.

В качестве такого показателя предлагается рассматривать технологическое топливное число (ТТЧ) – основная энергетическая характеристика технологического процесса и готового изделия.

Т а б л и ц а 1

Система машин	Произв. в см, м <sup>3</sup>	Кол-во мех.	Мощн. механ., кВт	Энерго-Затраты, кВтч/м <sup>3</sup>	ТТЧ кг у.т. на м <sup>3</sup>
1	2	3	4	5	6
<b><u>01.02.03. МХ</u></b>					
Валка – "Крона-202"	41	8	1,8	115,2	0,3
Обрезка сучьев – "Крона-202"	29	12	1,8	172,8	0,8
Пакетир., трел. – ТДТ-55А	64	5	61,1	2444,0	4,7
Погрузка ПЛ-1В	174	2	58,8	940,8	0,7
Вывозка хлыстов – МА3-54-53	170	2	176,0	2816,0	2,0
Выгрузка – РРУ-10М	150	2	13,0	208,0	0,2
Раскряжевка – ЭПЧ-3.01	96	4	3,0	96,0	0,1
Сортировка – Б-22У-1А	165	2	18,5	296,0	0,2
Штабел., отгрузка – КБ-572	109	3	30,0	720,0	0,8
<b>Общие показатели системы</b>	<b>350</b>	<b>40</b>	<b>364,0</b>	<b>7808,8</b>	<b>9,8</b>
<b><u>01.02.03.К.</u></b>					
Валка, пакетир. – ЛП-2	174	2	200,0	3200,0	2,3
Обрезка сучьев – "Крона-202"	29	12	1,8	172,8	0,7
Трелевка – ТБ-1М	73	5	88,0	3520,0	5,9
Погрузка – ПЛ-1В	174	2	58,8	940,8	0,7
Вывозка хлыстов МА3-54-53	170	2	176,0	2816,0	2,0
Выгрузка РРУ-10М	150	2	13,0	208,0	0,2
Раскр., сортир. – ЛО-111	146	2	70,0	1120,0	0,9
Штабел., отгрузка – ЛТ-72А	140	2	58,8	940,8	1,4
<b>Общие показатели системы</b>	<b>350</b>	<b>29</b>	<b>666,4</b>	<b>12918,4</b>	<b>14,1</b>
<b><u>01.03.03.МХ</u></b>					
Валка – "Крона-202"	41	8	1,8	115,2	0,3
Обрезка, раскряж. – "Крона-202"	23	14	1,8	201,6	1,1
Погрузка и вывоз. сорт.-ТБ-1М-16	162	2	88,0	1408,0	1,1
Вывозка сорт. – МА3-54-53	170	2	176,0	2816,0	2,0
Выгрузка, штабелевка – ККС-10	210	1	42,0	336,0	0,2
<b>Общие показатели системы</b>	<b>350</b>	<b>27</b>	<b>309,6</b>	<b>4876,8</b>	<b>4,7</b>
<b><u>01.03.03.К.</u></b>					
Валка – "Хюскварна" 242ХР	42	8	2,3	147,2	0,4
Пакетир., трел. – ТБ-1М	73	5	88,0	3520,0	4,7
Обрезка и раскряж. – ЛО-120	86	5	58,8	2352,0	2,7
Штабелевка – ЛТ-72А	140	2	58,8	940,8	1,4
Вывозка сорт. – МА3-54-53	170	2	176,0	2816,0	17,3
Выгрузка, штаб., погр. ККС-10	210	1	42,0	336,0	0,2
<b>Общие показатели системы</b>	<b>350</b>	<b>23</b>	<b>455,1</b>	<b>10112,0</b>	<b>12,6</b>
<b><u>01.03.03.М.</u></b>					
Валка, пакет., трел. – ЛП-17А	58	6	70,0	3360,0	4,8
Обрезка, раскряжевка – ЛО-120	86	4	58,8	1881,6	2,0
Погрузка сорт. – ЛТ-72А	140	2	58,8	940,8	0,8
Вывозка сорт. – МА3-54-53	170	2	176,0	2816,0	17,3
Выгрузка, штаб., отгр. – ККС-10	210	1	42,0	336,0	0,2
<b>Общие показатели системы</b>	<b>350</b>	<b>15</b>	<b>405,6</b>	<b>9334,4</b>	<b>3,7</b>
<b><u>02.02.03.МХ.</u></b>					
Валка,обрезка сучьев-"Штиль"020	21	16	2,6	332,8	1,9
Пакетир., трелевка – ТДТ-55А	64	5	61,1	2444,0	4,7
Погрузка хлыстов – ПЛ-1В	174	2	58,8	940,8	0,7
Вывозка хлыстов – МА3-54-53	170	2	176,0	2816,0	2,0
Выгрузка – РРУ-10М	150	2	13,0	208,0	0,2
Раскряжевка – ЭПЧ 3.01	96	4	3,0	96,0	0,1
Сортировка бревен Б-22У-1А	165	2	18,5	296,0	0,2
Штабелевка, отгрузка – КБ-572	109	3	30,0	720,0	0,8
<b>Общие показатели системы</b>	<b>350</b>	<b>36</b>	<b>363,0</b>	<b>78536,0</b>	<b>10,6</b>



1	2	3	4	5	6
<b><u>02.02.03.К.</u></b>					
Валка, пакетир. – ЛП-19В	168	2	95,6	1529,6	1,1
Обрезка сучьев – "Крона-202"	29	12	1,8	172,8,0	0,7
Трелевка хлыстов – ТБ-1М	73	4	88,0	2816,0	4,7
Погрузка хлыстов – ПЛ-1В	174	2	58,8	940,8	0,7
Вывозка – МАЗ-54-53	170	2	176,0	2816,0	2,0
Выгрузка – РРУ-10М	150	2	13,0	208,0	0,2
Раскряжевка, сортировка – ЛО-111	146	2	70,0	1120,0	0,9
Штабелевка, отгрузка – ЛТ-72А	140	2	58,8	940,8	1,4
<b>Общие показатели системы</b>	<b>350</b>	<b>28</b>	<b>562,0</b>	<b>10544,0</b>	<b>11,7</b>
<b><u>02.03.03.МХ.</u></b>					
Валка, обрез. сучьев – "Крона-202"	23	15	1,8	216,0	1,2
Пакетир., трел. хл. – ТДТ-55А	64	5	61,1	2444,0	4,7
Раскряжевка – "Крона-202"	43	8	1,8	115,2	0,3
Погрузка, вывозка – ТБ-1М-16	162	2	88,0	1408,0	1,1
Вывозка сорт. – МАЗ 54-53	170	2	176,0	2816,0	2,0
Штабелевка, отгрузка – ККС-10	210	1	42,0	336,0	0,2
<b>Общие показатели системы</b>	<b>350</b>	<b>33</b>	<b>370,7</b>	<b>7335,2</b>	<b>9,5</b>
<b><u>02.03.03.К.</u></b>					
Валка, обрезка, раскряж. – МЛ-20	84	4	95,6	3059,2	4,5
Погр., вывозка, выгруз.-ТБ-1М-16	162	2	88,0	1408,0	1,1
Вывозка сорт. – МАЗ-54-53	170	2	176,0	2816,0	2,0
Штабелевка, отгрузка – ККС-10	210	1	42,0	336,0	0,2
<b>Общие показатели системы</b>	<b>350</b>	<b>9</b>	<b>401,6</b>	<b>7619,2</b>	<b>7,8</b>
<b><u>03.03.03.К.</u></b>					
Валка, обрезка, раскр. – "Крона-202"	18	19	1,8	273,6	1,9
Пакет., трел., сортир. – Валмет 820	168	2	80,0	1280,0	0,9
Вывозка сорт. – МАЗ-54-53	170	2	176,0	2816,0	2,0
Выгрузка, штаб., отгрузка-ККС-10	210	1	42,0	336,0	0,2
<b>Общие показатели системы</b>	<b>350</b>	<b>24</b>	<b>299,8</b>	<b>4705,6</b>	<b>5,0</b>
<b><u>03.03.03.М 1</u></b>					
Валка, пакетирование – ЛП-19В	149	2	95,6	1529,6	1,2
Обрезка сучьев, раскряж. – ЛО-123	50	6	55,0	2640,0	6,5
Пакет., трел., сортировка – Валмет 820	168	2	80,0	1280,0	0,9
Вывозка, сортировка – МАЗ-54-53	170	2	176,0	2816,0	2,0
Выгрузка, штаб., отгруз. – КБ-572	109	3	30,0	720,0	0,8
<b>Общие показатели системы</b>	<b>350</b>	<b>15</b>	<b>436,6</b>	<b>8985,6</b>	<b>11,4</b>
<b><u>03.03.03.М 2</u></b>					
Валка, обрезка, раскр. – Валмет -901	290	1	84,0	672,0	0,3
Погр., трел., сорт., штаб. – Валмет 820	168	2	80,0	1280,0	0,9
Вывозка, сортировка – МАЗ-54-53	170	2	176,0	2816,0	2,0
Выгр., штаб., отгруз. – ККС-10	210	1	42,0	336,0	0,2
<b>Общие показатели системы</b>	<b>350</b>	<b>6</b>	<b>382</b>	<b>5104,0</b>	<b>3,4</b>

Технологическое топливное число – это затраты всех видов энергии в данном и во всех предшествующих пределах технологического процесса, пересчитанных на необходимое для их получения топливо за вычетом вторичных ресурсов. ТТЧ отражает объективные энергетические затраты технологического процесса, является показателем полной энергоемкости продукции. Для удобства, наглядности и сопоставимости при сравнении ТТЧ представляется в количестве

условного топлива, отнесенного к единице произведенной продукции.

В данной работе был произведен сквозной расчет ТТЧ систем лесозаготовительных машин на лесосеке. За базис приняты известные системы машин [1], а в основу расчета была взята методика расчета ТТЧ [2]. Расчетные данные представлены в таблице 1. В качестве примера взято лесозаготовительное предприятие с годовым объемом заготовки 100 тыс. м<sup>3</sup>. Расчеты вы-

полнены с учетом норм выработки [5]. В качестве готовой продукции приняты круглые лесоматериалы, отгружаемые с нижнего лесного склада или промплощадки.

Сравнение ТТЧ однооперационных и многооперационных машин показывает, что применение лесозаготовительных машин, выполняющих несколько операций, позволяет сократить время технологического цикла, число проходов по лесосеке, а также рационально использовать мощность двигателя машины. Наиболее выгодно по энергозатратам, когда многооперационная машина выполняет несколько менее энергоемких операций, например валку, пакетирование, обрезку сучьев, раскряжевку. Операции, на выполнение которых требуются значитель-

ные энергозатраты, целесообразно выделить в отдельную фазу. К одной из таких операций можно отнести трелевку деревьев. Энергозатраты на трелевку в зависимости от расстояния в 10–15 раз превышают энергозатраты на валку и пакетирование [3].

Для наглядности сравнения расчетные данные представлены в виде диаграммы (рис.1).

Исходя из минимальной величины ТТЧ, можно рекомендовать системы, соответствующие критериям энергосбережения на основе применения многооперационных машин. Причем, заготовка сортиментов на лесосеке характеризуется наиболее высокой эффективностью.

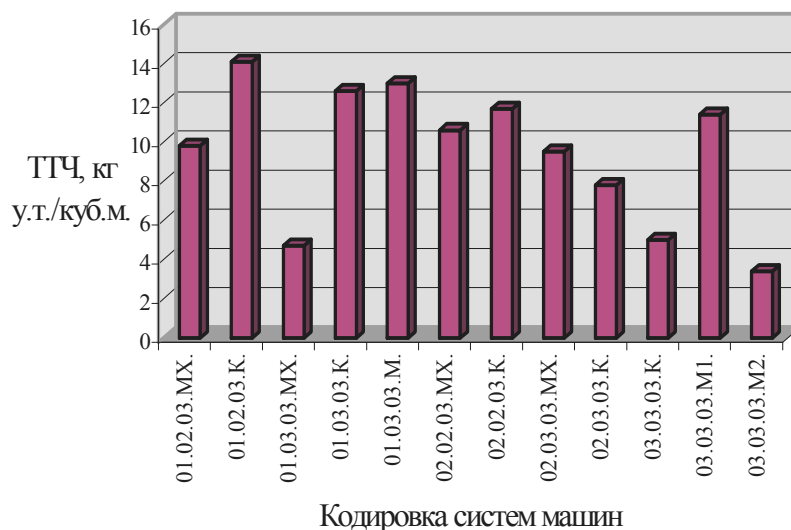


Рис.1. Технологическое топливное число различных систем машин

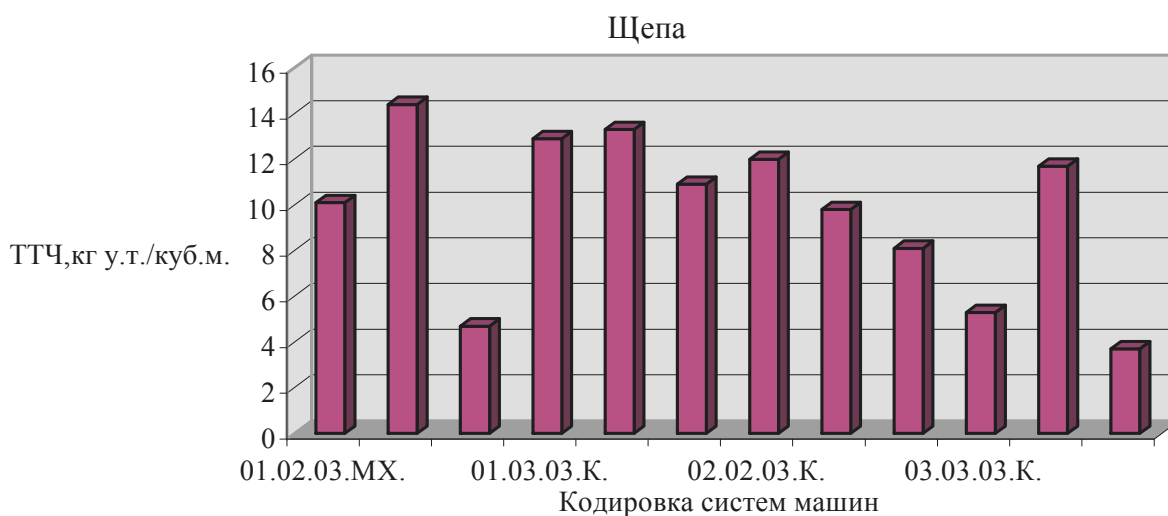


Рис.2. Расчет ТТЧ при производстве щепы для различных систем машин

С целью оценки энергозатрат, необходимых для переработки лесосечных отходов в щепу построена диаграмма (рис.2). Величина ТТЧ при производстве щепы может рассматриваться, как доля возможной возвратной энергии, которая может быть направлена на выполнение операций технологического процесса лесосечных работ.

Расчет технологического топливного числа четко показывает, что наиболее целесообразно на лесозаготовках применять безредукторные бензиномоторные пилы в сочетании с форвардерами, а также харвестеры с форвардерами. Именно такое сочетание механизмов дает наибольшую экономию энергии на 1 куб. м. при соответствующей про-

изводительности и отвечает современным требованиям.

### Список литературы

1. Ширнин Ю.А., Пошарников Ф.В. Технология и оборудование малообъемных заготовок и лесовосстановление. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2001. – 398 с.
2. Лисиенко В.Г., Щелокова Я.М., Розина С.Е. и др. Методология и информационное обеспечение сквозного энергетического анализа. – Екатеринбург: УГТУ, 2001. – 98 с.
3. Кушляев В.Ф. Использование систем машин для лесосечных работ / Обзорная информация. – М., 1979. – 52 с.
4. Рушнов Н.П., Пряхин Е.А. Переработка древесины на щепу на нижних складах леспромхозов / Обзорная информация. – М., 1985. – 48 с.
5. Единые нормы и расценки на лесозаготовках 1989. – 105 с.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ КОЛЕСНОЙ ЛЕСНОЙ МАШИНЫ ПО ЛЕНТЕ ЛЕСА

Ю.А. ШИРНИН, *проф. каф. технологии и оборудования лесопромышленных производств МарГТУ, д-р техн. наук,*

Е.М. ОНУЧИН, *асп. каф. технологии и оборудования лесопромышленных производств МарГТУ*

Эффективность и экологичность эксплуатации колёсных лесных машин в малообъёмных лесных предприятиях в значительной степени зависят от применяемых технологических схем работы при выполнении различных операций лесосечных и лесохозяйственных работ. Одним из перспективных направлений развития технологии лесосечных и лесохозяйственных работ является работа технологических машин непосредственно под пологом леса без прокладки пасечных волоков. Развитие данного направления требует детального изучения процесса движения машины под пологом леса и, в частности, влияния её конструктивных параметров и таксационных характеристик древостоев на проникаемость.

Под проникаемостью древостоев для технологических машин понимается вероятность существования траектории перемещения машины из одной точки (области) в древостое к другой, не выходящей за пределы определённого пространства и удовлетво-

ряющей определённым требованиям (например, по приближению к растущим деревьям).

Обзор литературных источников [1, 2, 3, 4, 5] показал, что оценка проникаемости древостоев может быть получена в результате имитационного моделирования движения машины под пологом леса. Предложенные указанными авторами модели имеют ряд недостатков, которые не позволяют применить их для оценки проникаемости древостоев для модульных лесных машин (МЛМ), представляющих собой агрегат в составе колёсного сельскохозяйственного трактора (тягово-энергетического модуля) и технологического модуля, состоящего из полуприцепа-шасси (установочный модуль) и установленного на нём технологического оборудования.

Частным случаем проникаемости древостоев является проникаемость ленты леса. Лентой леса (рис. 1) является прямоугольная площадь, выделяемая в древостое

«линией старта», «линией цели» и ограничениями по удалению траектории перемещения МЛМ от осевой линии ленты леса. В этом случае проникаемостью ленты леса является вероятность существования траектории перемещения МЛМ с любой или заданной точки «линии старта» до любой точки «линии цели», не удаляющейся более заданного расстояния от осевой линии ленты леса.

Структурно имитационная модель включает в себя две процедуры. Первая процедура по заданным таксационным характеристикам ленты леса генерирует её реализацию, а вторая процедура по заданным конструктивным параметрам МЛМ производит поиск возможной траектории перемещения МЛМ от «линии старта» до «линии цели».

Первая процедура основывается на известных алгоритмах генерации на плоскости случайно распределённых объектов. С целью устранения влияния краевых эффектов генерация деревьев производится на площади в четыре раза большей исследуемой (удвоенной

длины и ширины), в центре которой ограничивается лента леса. Каждое дерево представляется окружностью, радиус которой является суммой радиуса дерева на уровне земли и некоторой защитной полосы, движение по которой нежелательно, для избежания повреждения ствола и корневой системы дерева.

Для математического описания второй процедуры имитационной модели, формирующей траекторию движения МЛМ, сделан ряд допущений.

1. Траектория представляет собой ломанную кривую линию, отдельные участки которой являются дугами окружности одинаковой длины (для траектории управляемых колёс тягово-энергетического модуля), но различного радиуса (что соответствует постоянному углу поворота управляемых колёс).

2. Изменение угла поворота управляемых колёс тягово-энергетического и установочного модулей происходит мгновенно и только в вершинах ломаной линии.

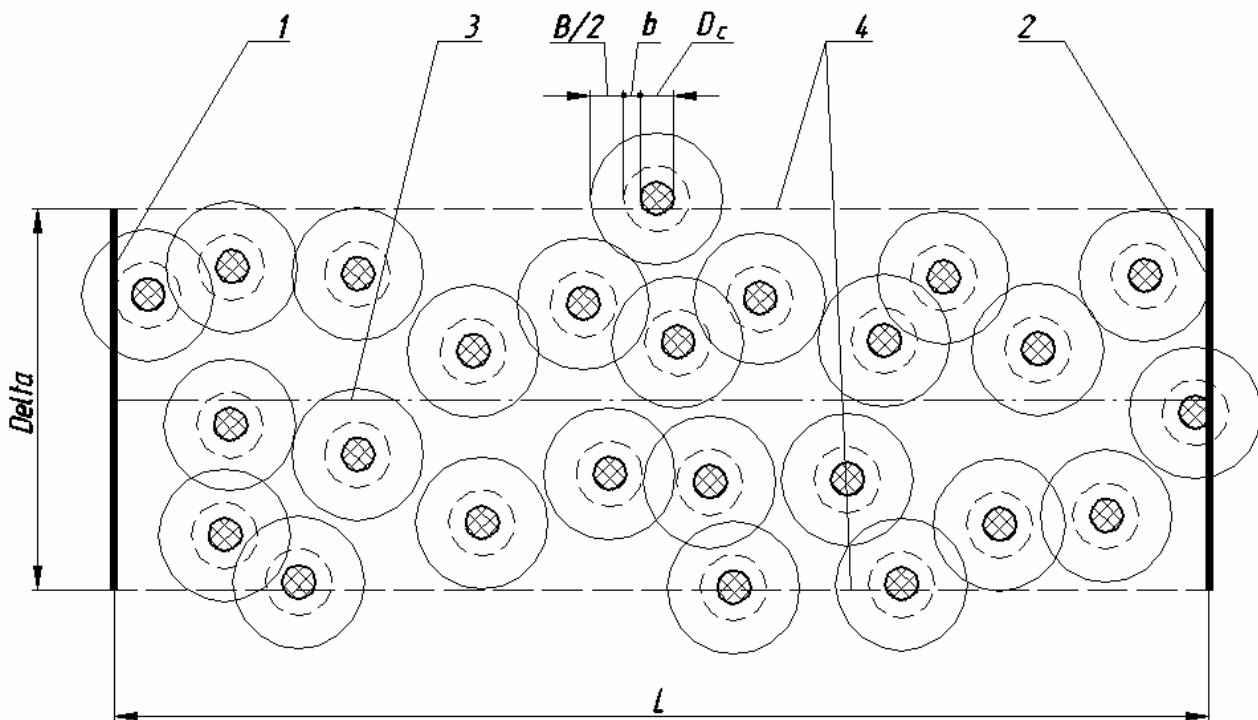


Рис. 1. Графическая модель ленты леса: 1 – «линия старта»; 2 – «линия цели»; 3 – осевая линия ленты леса; 4 – ограничения;  $L$  – длина ленты леса;  $\Delta$  (Delta) – ширина ленты леса;  $D_c$  – диаметр дерева у поверхности земли;  $b$  – ширина защитной зоны вокруг дерева;  $B$  – колея машины

3. Угол поворота управляемых колёс модулей в вершине ломаной линии траектории может быть либо увеличен, либо уменьшен с некоторым шагом на величину, ограниченную максимальным углом поворота управляемых колёс модулей машины, либо остаться неизменным.

4. Длина тягово-энергетического модуля представляется в виде отрезка осевой линии, равного его базе, а длина установочного модуля представляется отрезком длиной, равной длине дышла. Ширина МЛМ учитывается путём увеличения на половину колеи машины защитной области вокруг деревьев.

Таким образом траектория не должна проходить по некоторой круговой площади вокруг каждого дерева, определяемой его диаметром у земли и защитной полосы, исключающей повреждение ствола и корневой системы дерева и учитывающей колею машины.

Имитационная модель движения МЛМ по ленте леса была реализована на ЭВМ в среде пакета Mechanical Desktop 6 Power Pack с использованием приложений Visual Basic for Application (для генерирования реализаций древостоев) и Visual LISP (для моделирования возможных траекторий движения).

Процедура моделирования траектории движения колёсной машины по ленте леса выделяет в модели древостоя ленту леса и, основываясь на приведённых допущениях, моделирует движение четырёх вариантов компоновки колёсной лесной машины: МЛМ с жёсткой рамой и передними управляемыми (поворотными) колёсами (одиночный тягово-энергетический модуль); МЛМ, состоящая из тягово-энергетического модуля и установочного модуля на базе полуприцепа с неподвижными колёсами; МЛМ, состоящая из тягово-энергетического модуля и установочного модуля на базе полуприцепа с подруливающими колёсами; МЛМ, состоящая из тягово-энергетического модуля и установочного модуля на базе полуприцепа с полноповоротными колёсами.

Процесс моделирования траектории движения для первых двух вариантов компоновки колёсных лесных машин представлен на рис. 2.

Так моделирование движения колёсной машины с жёсткой рамой и передними управляемыми колёсами происходит следующим образом. В этом варианте компоновки (рис. 2, а) машина представляется отрезком АВ (т. А является серединой передней оси, а т. В – серединой задней оси или центром ходовой тележки), положение которого на плоскости при n-ом шаге однозначно определяется координатами конечных точек и средним углом поворота управляемых колёс  $\theta_{\text{о}i\text{т}}(n)$ , задающим направление скорости т. А (вектор  $v_{\text{о}i\text{т}}$ ).

Перемещение к n+1 положению (отрезок А'В') осуществляется путём поворота отрезка АВ вокруг мгновенного центра скоростей (т.  $O_{(n)}$ ) на некоторый угол  $\angle AO_{(n)}A'$  ( $\angle BO_{(n)}B'$ ), обеспечивающий заданную длину траектории перемещения т. А по дуге AA'. Мгновенный центр скоростей n-ого шага (т.  $O_{(n)}$ ) находится как точка пересечения перпендикуляров, восстановленных к векторам скоростей т. А ( $v_{\text{о}i\text{т}}$ ) и т. В ( $v_{\text{о}i\text{т}}$ ). При этом вектор  $v_{\text{о}i\text{т}}$  всегда направлен вдоль отрезка АВ, а направление вектора  $v_{\text{о}i\text{т}}$  соответствует одному из пяти возможных значений  $\theta_{\text{о}i\text{т}}(n) = \{-\theta_{\text{о}i\text{т}}^{\text{max}}, -\theta_{\text{о}i\text{т}}^{\text{max}}/2, 0, \theta_{\text{о}i\text{т}}^{\text{max}}/2, \theta_{\text{о}i\text{т}}^{\text{max}}\}$ , где  $\theta_{\text{о}i\text{т}}^{\text{max}}$  – максимальный средний угол поворота управляемых колёс тягово-энергетического модуля. Таким образом получается n+1 положение, которое (если выполняются условия допустимости) является исходным для получения следующего положения машины. В случае, если  $\theta_{\text{о}i\text{т}}(n) = 0$  (прямолинейное движение), то новое положение машины получается перемещением отрезка АВ вдоль прямой АВ на заданный достаточно малый шаг.

Условием допустимости нового положения машины является отсутствие пересечений области АА'В'В (заштрихована на рис. 2, а) с «линией старта», ограничениями и круговыми областями вокруг деревьев.

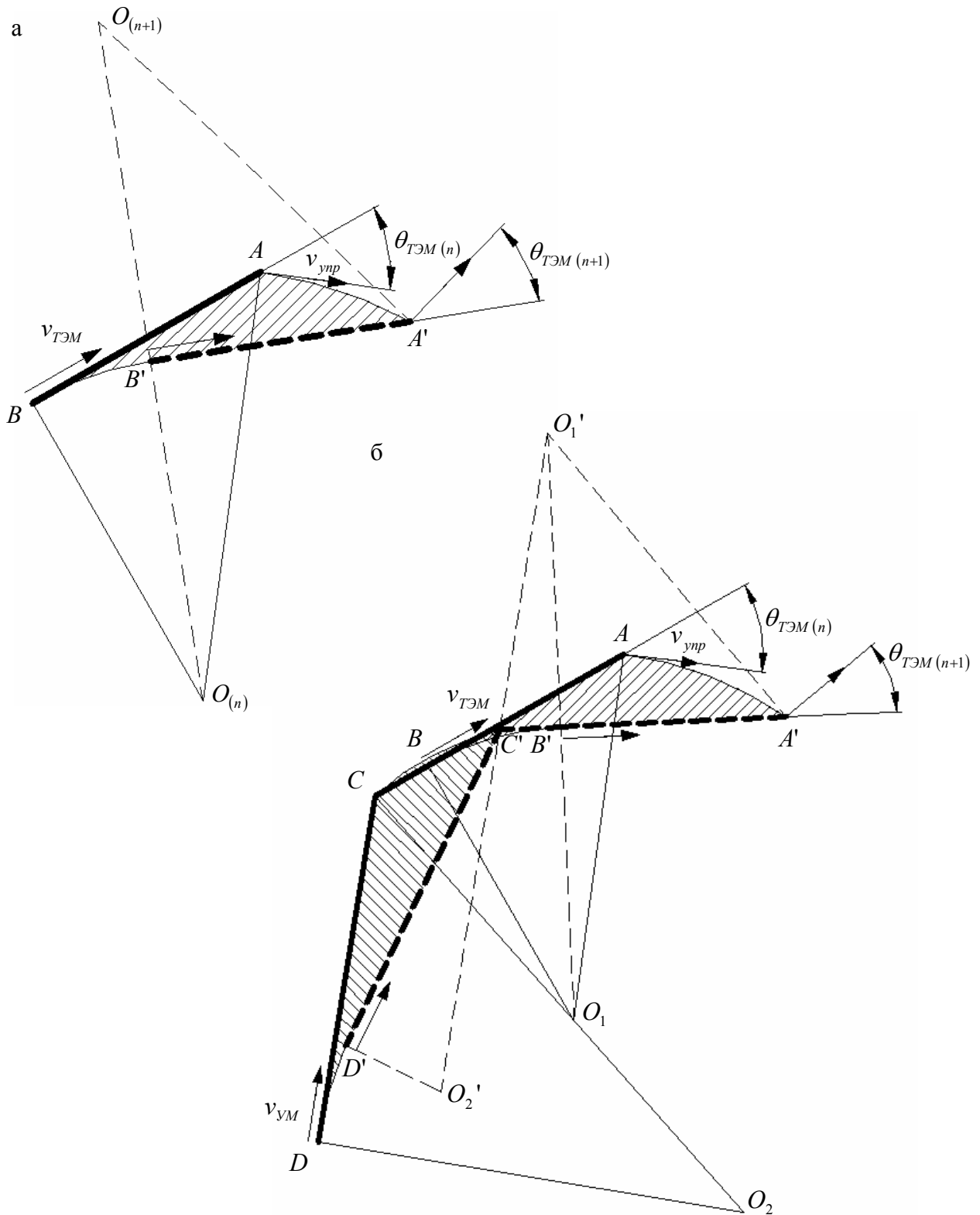


Рис. 2. Моделирование траектории колесной машины: а – с жесткой рамой и передними управляемыми (поворотными) колесами (тягово-энергетического модуля); б – МЛМ в составе тягово-энергетического модуля и установочного модуля на базе полуприцепа с жестко установленными колесами

Для моделирования движения МЛМ с установочным модулем на базе полуприцепа с неподвижными колёсами отрезок  $AB$  дополняется отрезком  $BC$  (рис. 2, б), длина которого равна расстоянию от середины задней оси тягово-энергетического модуля (т.  $B$ ) до шарнира тягово-сцепного устройства (т.  $C$ ), лежащим на одной прямой с отрезком  $AB$ .

Полуприцеп с жестко установленными колёсами представляется отрезком  $CD$  (т.  $C$  – шарнир опорно-сцепного устройства, т.  $D$  – середина оси полуприцепа или центр ходовой тележки). При перемещении из  $n$ -ого положения в  $n+1$  отрезок  $AC$  движется как единое целое, поворачиваясь относительно мгновенного центра скоростей тягово-энергетического модуля (т.  $O_1$ ), аналогично движению одиночного тягово-энергетического модуля. При этом полуприцеп (отрезок  $CD$ ) должен повернуться относительно своего центра скоростей – т.  $O_2$ , лежащей на пересечении прямой  $O_1C$  и перпендикуляра в т.  $D$  к вектору скорости колёс полуприцепа  $v_{oi}$ . Вектор скорости колёс полуприцепа  $v_{oi}$  направлен в этом случае всегда вдоль отрезка  $CD$ . Так как новое положение т.  $C$  (т.  $C'$ ) определяется поворотом относительно т.  $O_1$ , то по дуге окружности с центром в т.  $O_2$  перемещается только т.  $D$ , при этом её новое положение (т.  $D'$ ) находится из условия равенства отрезков  $CD$  и  $C'D'$ , т. е. на пересечении окружности с центром в т.  $O_2$  и радиусом  $O_2D$  и окружности с центром в т.  $C'$  и радиусом  $CD$ .

Допустимость нового положения определяется как и в первом случае непересечением области, заштрихованной на рис. 2, б, с непреодолимыми препятствиями, а также условием неперевышения максимально допустимого угла перелома МЛМ (угол  $ACD$ ).

Аналогичным образом моделируется движение и для оставшихся двух вариантов компоновки МЛМ, отличающихся тем, что направление скорости т.  $D$  переменное и либо зависит от угла перелома МЛМ (третий случай), либо изменяется независимо (четвёртый случай).

Лента леса признаётся проникаемой, если при очередном шаге, удовлетворяющем

критериям допустимости т.  $A$  МЛМ оказывается вне ленты леса за «линией цели».

Как показали предварительные исследования, большое влияние на проникаемость ленты леса оказывает способ задания начального положения МЛМ на ленте леса, которое определяется положением т.  $A$  на «линии старта», углом наклона отрезка  $AC$  к «линии старта» и начальным углом перелома МЛМ. В реальности эти параметры определяются оператором МЛМ, который, исходя из особенностей размещения деревьев на конкретной ленте леса, выбирает наилучшее начальное положение МЛМ на «линии старта» ленты леса, поэтому в программе начальное положение МЛМ либо задаётся исследователем, либо в ней перебираются с некоторым шагом все возможные варианты.

В процессе подготовки к вычислительному эксперименту факторы, оказывающие влияние на проникаемость лент леса, были проранжированы (табл. 1), что позволило существенно сократить размерность факторного пространства, путём исключения факторов с 8 по 12, не оказывающих существенного влияния на проникаемость ленты леса, приняв их за постоянные условия эксперимента. Статистическая незначимость влияния на проникаемость 8-го и 9-го факторов была проверена дисперсионным анализом.

Из остающихся семи входных факторов вычислительного эксперимента шесть носят количественный характер, и один фактор (конструктивные особенности установочного модуля МЛМ) имеет качественный характер. Диапазон варьирования шести количественных входных факторов, определённый исходя из практической значимости результатов исследования, представлен в табл. 2.

Для выяснения характера влияния на отклик шести количественных факторов была проведена серия однофакторных экспериментов для МЛМ с установочным модулем на базе полуприцепа с полноповоротными колёсами, условия проведения которых приведены в табл. 3. В каждом эксперименте исследуемый фактор варьировался на 5–8 уров-

нях в диапазоне согласно табл. 2, прочие факторы оставались постоянными. Эксперименты проводились при следующих условиях: средний диаметр деревьев (с защитной круговой зоной) – 1 м, дисперсия среднего диаметра – 0, распределение деревьев на площади – регулярное, максимальный средний угол поворота управляемых колёс тягово-энергетического модуля – 50°, вынос тягово-сцепного устройства за заднюю ось тягово-энергетического модуля – 1 м.

Результаты проведения серии однофакторных вычислительных экспериментов, приведённые на рис. 3, показывают, что

влияние на проникаемость лент леса исследуемых факторов достаточно адекватно описывается линейными регрессионными моделями, что позволяет по результатам многофакторного вычислительного эксперимента получить многофакторную регрессионную модель, отражающую эмпирическую зависимость проникаемости лент леса от их параметров и характеристик технологических машин.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования РФ (грант 2002 г по фундаментальным исследованиям в области технических наук).

Т а б л и ц а 1

**Входные факторы вычислительного эксперимента на имитационной модели движения МЛМ по ленте леса без прокладки волока**

№	Наименование фактора
1	Конструктивные особенности установочного модуля МЛМ
2	Густота древостоя
3	Колея МЛМ
4	База тягово-энергетического модуля
5	Длина дышла установочного модуля
6	Длина ленты леса
7	Ширина ленты леса
8	Средний диаметр деревьев
9	Дисперсия среднего диаметра деревьев
10	Закон распределения деревьев по площади
11	Максимальный угол поворота управляемых колёс тягово-энергетического модуля
12	Вынос тягово-сцепного устройства за заднюю ось тягово-энергетического модуля

Т а б л и ц а 2

**Диапазон варьирования количественных входных факторов эксперимента в исследуемой области**

Фактор	Диапазон варьирования
Густота древостоя, шт./га	300 – 600
Длина ленты леса, м	50 – 300
Ширина ленты леса, м	10 – 50
Колея МЛМ	1 – 2
База тягово-энергетического модуля, м	2 – 6
Длина дышла установочного модуля, м	0 – 8

Т а б л и ц а 3

**Условия проведения серии однофакторных экспериментов**

Фактор	Значение
Густота древостоя, шт./га	400
Длина ленты леса, м	100
Ширина ленты леса, м	20
Ширина МЛМ, м	2
Длина тягово-энергетического модуля, м	4
Длина дышла установочного модуля, м	4



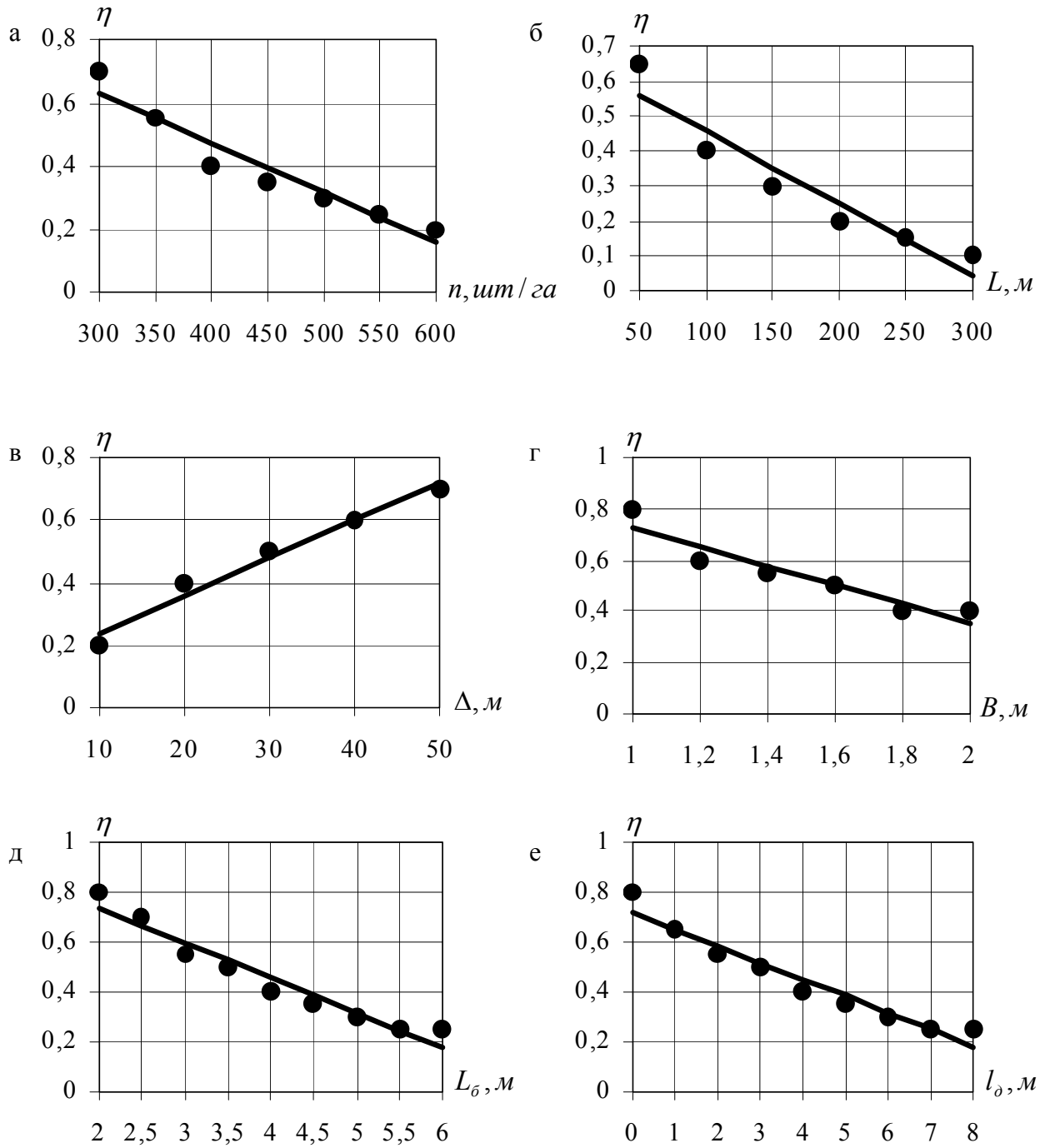


Рис. 3. Зависимость проницаемости ленты леса ( $\eta$ ): а – от густоты древостоя ( $n$ ); б – от длины ленты леса; в – от ширины ленты леса; г – от колеи МЛМ; д – от базы тягово-энергетического модуля ММЛ ( $L_\delta$ ) е – от длины дышла установочного модуля МЛМ ( $l_\delta$ )

**Список литературы**

1. Беккер М.Г. Введение в теорию систем местность – машина / М.Г. Беккер. – М.: Машиностроение, 1973. – 520 с.
2. Герасимов, Ю.Ю. Лесосечные машины для рубок ухода: компьютерная система принятия решений / Ю.Ю. Герасимов, В.С. Сюнев. – Петрозаводск: Изд-во Петрозавод. ун-та, 1998. – 235 с.
3. Исследование лесопромышленных процессов. Часть I. Изучение предметов обработки: Методические указания к проведению исследовательской практики для студентов специальности 2601 / Сост. П.М. Мазуркин, С.М. Гордеев, М.Ю. Смирнов / Под ред. П.М. Мазуркина. – Йошкар-Ола: МарПИ, 1994. – 64 с.
4. Савельев А.Г. Разработка технологии рубок ухода на основе исследования доступности деревьев при машинном способе заготовки (на примере лесов I группы Прибалтики): Автореф. дис. ... на соиск. учен. степ. канд. техн. наук / А.Г.Савельев. – Минск: Белорус. технол. ин-т им. С.М. Кирова, 1989. – 24 с.
5. Ширнин Ю.А. Определение доступности при машинной заготовке подроста из-под полога леса / Ю.А. Ширнин, А.В. Лазарев // Труды науч. конференции по итогам научно-исследовательских работ МарГТУ, 20–22 апреля 1998г. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 1998. – С. – 102–105. – Деп. в ВИНТИ 30.09.98. – №2890 – В 98.

**ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРИКАТЫВАЮЩЕГО КАТКА НА СТЕПЕНЬ УПЛОТНЕНИЯ ПОЧВЫ**

И.В. КАЗАКОВ, *каф. механизации лесохозяйственных работ МГУЛа*

Конструктивные параметры прикатывающих катков сеялок являются основными показателями, влияющими на плотность почвы в зоне заделки семян. Для изучения их влияния проводились экспериментальные исследования прикатывающих катков с различными параметрами (ширина и диаметр) и усилием прижатия катка к почве.

При проведении экспериментов на суглинистых почвах ее относительная влажность на глубине до 9 см, т. е. с учетом глубины высева желудей 4...7 см, составила 13 %.

На основании экспериментальных данных получена эмпирическая зависимость плотности почвы в зоне заделки желудей в зависимости от ширины, диаметра и усилия прижатия катка к почве:

– на глубине 3...6 см:

$$\rho_1 = 0,837 + 0,0015F + 0,017D - 0,039B, \quad (1)$$

– на глубине 6...9 см:

$$\rho_2 = 0,741 + 0,0043F + 0,0189D - 0,00047F \cdot B, \quad (2)$$

где:  $\rho_1$  и  $\rho_2$  – плотность почвы, соответственно, на глубине 3...6 и 6...9 см, г/см<sup>3</sup>;  $F$  – усилие прижатия прикатывающего катка к почве, Н;  $B$  – ширина прикатывающего катка, мм;  $D$  – диаметр прикатывающего катка, мм.

Эмпирическая зависимость (1) адекватно описывает характер изменения плотности почвы в зависимости от параметров прикатывающих катков, т. к. критерий Фишера равен 16,09, а  $F_{ТАБЛ}(3, 24)$  равен 4,72, т. е.  $F_{РАСЧ} > F_{ТАБЛ}$ . Корреляционное отношение  $R = 0,71$ , что показывает на тесную связь между независимыми параметрами и плотностью почвы в зоне заделки желудей. Эмпирическая зависимость (2), также адекватно описывает характер изменения плотности почвы, т. к. критерий Фишера равен 34,36, а  $F_{ТАБЛ}(3, 24)$  равен 4,72, т. е.  $F_{РАСЧ} > F_{ТАБЛ}$ . Корреляционное отношение  $R = 0,83$ , что показывает на тесную связь между независимыми параметрами и плотностью почвы в зоне заделки желудей.

Для определения необходимых параметров прикатывающего катка (ширины и диаметра), а также усилия прижатия его к почве, с целью обеспечения оптимальной для роста и развития растений плотности почвы (которая по данным Н.А. Смирнова должна быть в пределах 1,0...1,2 г/см<sup>3</sup>) [1] на основании полученных математических зависимостей и известной методики [2] разработана номограмма, приведенная на рисунке.

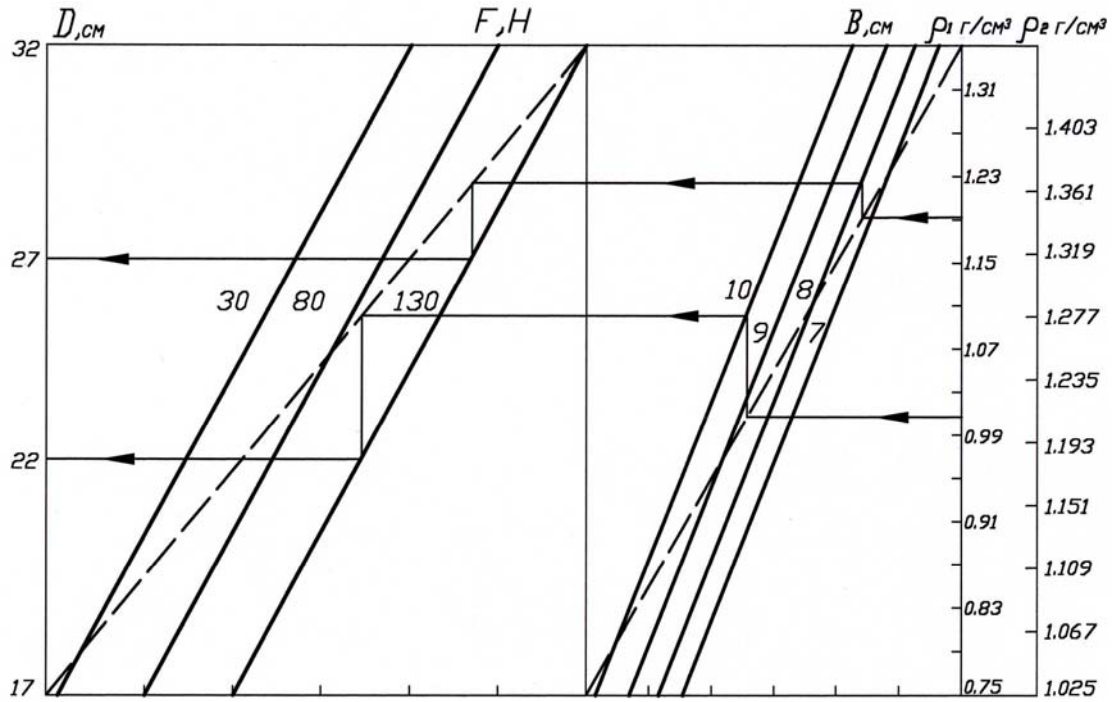


Рис. Номограмма для определения параметров и усилия прижатия катков

Этой номограммой удобно пользоваться при оценке влияния ширины, диаметра и усилия прижатия прикатывающего катка на плотность почвы в зоне заделки семян. Порядок определения усилия и параметров прикатывающего катка показан линией со стрелкой. Эту номограмму можно также использовать для решения обратной задачи.

**Список литературы**

1. Смирнов Н.А. Выращивание посадочного материала для лесовосстановления. – М.: Лесная пром-сть, 1981. – 169 с.
2. Глаголев Н.А. Курс номографии. – М.: Высшая школа, 1961. – 270 с.

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ЛЕСОУДЕРЖИВАЮЩЕЙ ЗАПАНИ, ИСХОДЯ ИЗ НОВЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ УСЛОВИЙ**

Е.М. ЦАРЕВ, доц. МарГТУ, канд. техн. наук

В соответствии с Инструкцией по проектированию лесосплавных предприятий [2] проектируемая запань относится к основным сооружениям. На поперечную запань действуют силы взаимодействия пыжа с потоком, ветром и берегами.

В результате этого взаимодействия возникает влекущая сила  $P_a$ , действующая в направлении потока и ветра. Эта сила, сжимающая пыж, создает распорное давление. В данном случае пыж как сыпучее тело. Силы,

передаваемые от давления пыжа, направлены к берегам под некоторым углом и могут быть разложены на составляющие перпендикулярные (нормальные)  $P_{\perp}$  и параллельные  $P_{\parallel}$  берегам (силы трения). Силы трения уменьшают активные силы  $P_a$ , и на запань передается только часть силы от давления пыжа, которая называется действующей  $P_d$  (см. рис. 1),

$$P_o = P_a - P_{\parallel} = (1 - \frac{P_{\parallel}}{P_a})P_a = \beta P_a, \quad (1)$$

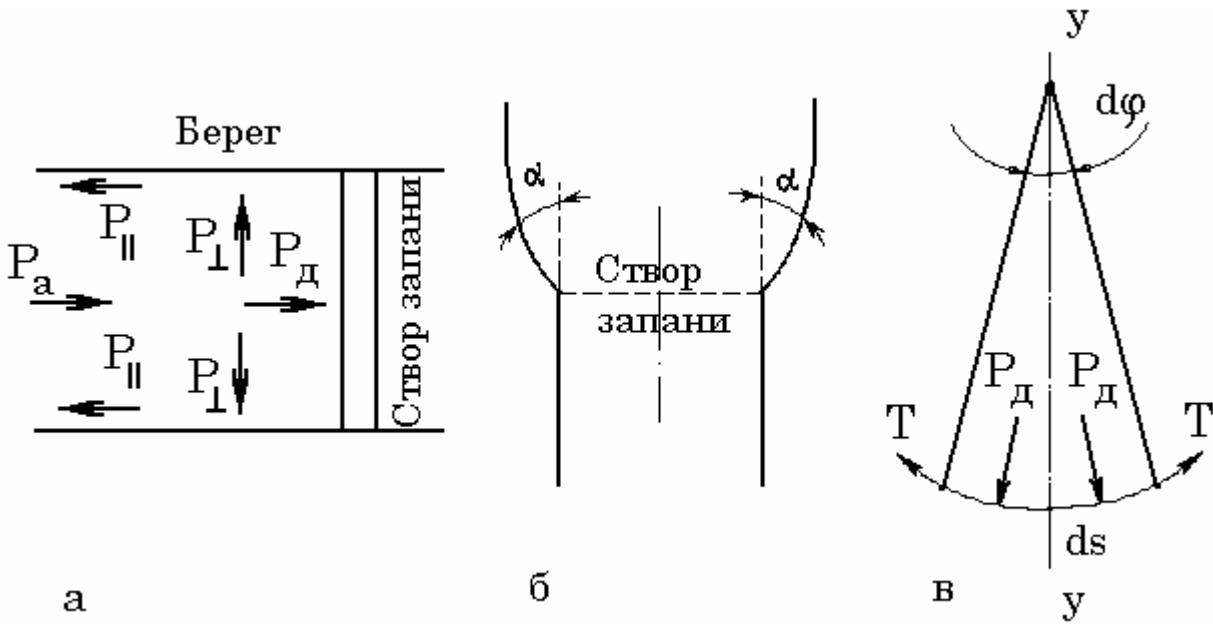


Рис. 1. Схема сил, действующих на запань: а – запань в прямоугольном русле; б – схема сужения в створе запани; в – схема к расчету сил, действующих на лежень, формула (1)

где  $\beta$  – коэффициент, учитывающий взаимодействие пыжа с берегами, зависящий от скорости течения  $v$  и отношения  $\frac{L_r}{b_\phi}$ .

Непризматичность и извилистость русла учитывается коэффициентом  $\beta'$ , т. е. формула (2) приобретает вид

$$P_o = \beta \cdot \beta' \cdot P_a. \quad (2)$$

Активная сила  $P_a$  зависит от скорости течения потока, ширины реки, формы русла и его конфигурации, степени защищенности запани от ветра, бытового режима реки и типа запани и определяется по формуле.

$$P_a = bL_p(\tau_n + \tau_\phi), \quad (3)$$

а давление пыжа на запань

$$P_o = \beta \cdot \beta' \cdot bL_p(\tau_n + \tau_\phi), \quad (4)$$

где  $b$  – средняя ширина реки в пределах расчетной длины пыжа  $L_p$ , м;

$\tau_n$  – среднее в этих пределах удельное давление потока на единицу площади пыжа, Па;

$\tau_\phi$  – среднее удельное давление ветра на единицу площади пыжа, Па.

Давление ветра на пыж сравнительно невелико, и его учитывают в том случае, ко-

гда давление потока на пыж также невелико [3] (при скоростях течения  $v \leq 1$  м/с).

Удельное давление ветра на пыж определяют по формуле

$$\tau_\phi = \zeta_\phi \rho_\phi v^2 / 2, \quad (5)$$

где  $\rho_\phi$  – плотность воздуха;

$\zeta_\phi$  – опытный безразмерный коэффициент, зависящий от скорости ветра;

Исследованиями, выполненными в ЦНИИлесосплава [5,6], установлено, что удельное давление потока на пыж  $\tau_n$  зависит от скорости течения потока в период формирования пыжа, средней глубины реки  $h$  и длины пыжа  $L_n$ .

Удельное давление пыжа определяется по эмпирической формуле

$$\tau_n = \tau'_n \varphi_\tau, \quad (6)$$

где  $\tau'_n$  – удельное давление потока на пыж, Па;

$\varphi_\tau$  – поправочный коэффициент, зависящий от длины пыжа  $L_n$ .

Удельное давление пыжа  $\tau_n'$  определяется также по формуле

$$\tau'_n = \zeta(\rho v^2 / 2), \quad (7)$$

где  $\rho$  – плотность воды, кг/м<sup>3</sup>;

$\xi$  – опытный безразмерный коэффициент сопротивления пыжа, зависящий от его осадки  $t_c$ .

С учетом  $\zeta' = f(t_c)$  удельное давление определяют по формуле

$$\tau_n' = (\zeta' / t_c) t_c (\rho \cdot v^2 / 2) = \zeta' t_c (\rho v^2 / 2), \quad (8)$$

где  $\zeta'$  – опытный коэффициент, учитывающий сопротивление пыжа на единицу его толщины, 1/м  $\xi = 0,004$  1/м.;

Учитывая, что  $\rho = 1000$  кг/м<sup>3</sup> и  $\xi' = 0,0041$  м<sup>-1</sup>, формулу (8) можно записать

$$\tau_n' = 20,5 t_c v^2. \quad (9)$$

Таким образом, значение нагрузки, передающейся на запань, можно определить по формуле

$$P_\partial = 20,5 \beta \beta' W_{np} \varphi_\tau v^2, \quad (10)$$

где  $W_{ю} = b L t_c$  – геометрический объем подводной части пыжа в пределах расчетной длины пыжа  $L_n$ ; при скоростях течения  $v \leq 1,25$  м/с.

Когда необходимо учитывать воздействие ветра, к нагрузке на запань от потока прибавляется нагрузка от ветра, и  $P_\partial$  определяется по формуле

$$P_\partial = \beta \beta' b L_p [\varphi_\tau \zeta' t_c (\rho v^2 / 2) + \zeta_\epsilon \rho_\epsilon v_\epsilon^2 / 2]. \quad (11)$$

Данная формула справедлива для запаней, устанавливаемых на реках, ширина которых не превышает 250 м [2].

Если рассматривать наплавные сооружения, в данном случае запань, работающую в условиях крупных водохранилищ, то необходимо учесть некоторые особенности такой работы. Сравнительная оценка условий представлена в табл. 1, а на рис.2 показаны параметры, которые учитываются при расчете лесоудерживающей запани и устройства для сбора аварийной древесины на крупных водохранилищах.

Учитывая это, в ранее рассмотренную методику расчета запани, разработанную ЦНИИЛесосплавом, необходимо включить волновую нагрузку, действующую на запань, а если запань работает круглогодично еще и ледовую. При этом учитываем некоторые особенности связанные с изменением средней бытовой скорости по живому сече-

нию потока на участке расположения запани и силы лобового сопротивления.

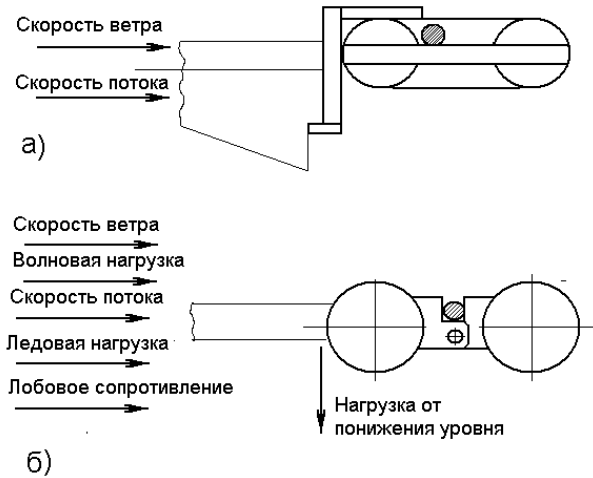


Рис.2. Факторы, которые учитываются при расчете запаней: а – лесосплавной; б – для крупных водохранилищ

Отсюда полная нагрузка на удерживающую запань определится по формуле

$$P_{полн.} = P_\partial + P_\epsilon + F_\lambda + \Delta X + F_d, \quad (12)$$

где  $P_\partial$  – нагрузка на запань от действия скоростного напора и ветровой нагрузки, МН;

$P_\epsilon$  – значение линейной нагрузки от волн, МН;

$F_\lambda$  – сила от воздействия остановившегося ледяного поля, навалившегося на сооружение при действии течения воды и ветра, МН;

$\Delta X$  – сила лобового сопротивления, МН;

$F_d$  – сила от примерзшего к сооружению ледяного покрова при изменении уровня водохранилища, Мн.

Расчет волновых и ледовых нагрузок на обтекаемую горизонтальную преграду рассчитывается по методике [4].

Максимальное значение равнодействующей линейной нагрузки от волн  $P_{max}$ , кН/м, на горизонтальную обтекаемую преграду рис. 3 с поперечными размерами  $a \leq 0,1\lambda$ , м и  $b \leq 0,1\lambda$ , м при  $z_c \geq b$ , но  $(z_c - b/2)h/2$  и при  $(d - z_c) \geq b$  определяется по формуле

$$P_{max} = \sqrt{P_x^2 + P_z^2}. \quad (13)$$

Сравнительная оценка условий работы наплавных сооружений

Показатели	Лесоудерживающие запани	Запани, работающие в условиях крупных водохранилищ
Скорость течения, м/с	Свыше 1 м/с	До 1 м/с
Глубина реки, м	До 10	Свыше 20
Ширина реки, м	До 250	До 2000
Скорость ветра, м/с	До 5	До 25
Работа запани	Сезонная	Круглогодичная
Удерживаемые предметы	Круглые лесоматериалы	Аварийная древесина
Длина пыжа, м	До 2000	100

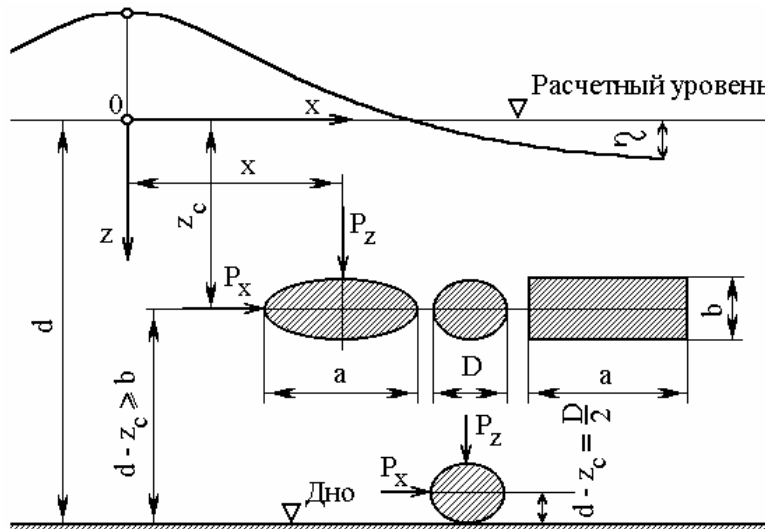


Рис. 3. Схема к определению волновых нагрузок на обтекаемую горизонтальную преграду для двух случаев: с максимальной горизонтальной составляющей линейной нагрузки  $P_{x, max}$ , кН/м, при соответствующем значении вертикальной составляющей линейной нагрузки  $P_z$ , кН/м; с максимальной вертикальной составляющей линейной нагрузки  $P_{z, max}$ , кН/м, при соответствующем значении горизонтальной составляющей линейной нагрузки  $P_x$ , кН/м

Расстояние  $x$ , м, от вершины волны до центра преграды при действии максимальных линейных нагрузок  $P_{x, max}$  и  $P_{z, max}$  определяются по относительной величине  $\chi = x/\lambda$ , принимаемой согласно (рис. 18 и рис. 23. [4]).

Максимальное значение горизонтальной составляющей линейной нагрузки  $P_{x, max}$ , кН/м, на горизонтальную обтекаемую преграду определяется из ряда величин, получаемых при различных значениях  $x$ , по формуле

$$P_{x, max} = P_{xi} \cdot \delta_{xi} + P_{xv} \cdot \delta_{xv}, \quad (14)$$

где  $P_{xi}$  и  $P_{xv}$  – инерционный и скоростной компоненты горизонтальной составляющей линейной нагрузки от волн, кН / м, определяемые по формулам:

$$P_{xi} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot g \cdot \pi^2 \cdot b^2 \cdot \frac{h}{\lambda} \cdot k_v \cdot \theta_{xi} \cdot \beta_i; \quad (15)$$

$$P_{xv} = \frac{2}{3} \cdot \rho \cdot g \cdot \pi \cdot b \cdot \frac{h^2}{\lambda} \cdot k_v^2 \cdot \theta_{xv} \cdot \beta_v, \quad (16)$$

$\delta_{xi}$  и  $\delta_{xv}$  – коэффициенты сочетания инерционного и скоростного компонентов линейной нагрузки от волн, принимаемые по графикам (1 и 2 рис.18 [4]) при значении  $\chi = \frac{x}{\lambda}$ ;

$\theta_{xi}$  и  $\theta_{xv}$  – коэффициенты линейной нагрузки от волн, принимаемые по графикам а и б (рис. 4 [4]) при значениях относительной глубины  $z_{rel} = \frac{d-z}{d}$ ;

$\beta_i$  и  $\beta_v$  – инерционный и скоростной коэффициенты формы преграды с попереч-

ным сечением в виде круга, эллипса и прямоугольника, принимаемые по графикам (рис.17 [4]) при значениях  $a/b$  – для горизонтальной и  $b/a$  – вертикальной составляющих нагрузки.

Максимальную величину вертикальной составляющей линейной нагрузки от волн на горизонтальную обтекаемую преграду  $P_{z, max}$ , кН/м определяется из ряда величин, получаемых при различных значениях  $x$ , по формуле

$$P_{z, max} = P_{zi} \cdot \delta_{zi} + P_{zv} \cdot \delta_{zv}, \quad (17)$$

где  $P_{zi}$  и  $P_{zv}$  – инерционный и скоростной компоненты вертикальной составляющей линейной нагрузки от волн, кН / м, определяемые по формулам:

$$P_{zi} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot g \cdot \pi^2 \cdot b^2 \cdot \frac{h}{\lambda} \cdot k_v \cdot \theta_{zi} \cdot \beta_i; \quad (18)$$

$$P_{zv} = \frac{2}{3} \cdot \rho \cdot g \cdot \pi \cdot b \cdot \frac{h^2}{\lambda} \cdot k_v^2 \cdot \theta_{zv} \cdot \beta_v, \quad (19)$$

$\delta_{zi}$  и  $\delta_{zv}$  – инерционный и скоростной коэффициенты сочетания линейной нагрузки от волн, принимаемые по графикам (1 и 2 рис.23 [4]) при значении  $\chi = \frac{x}{\lambda}$ ;

$\theta_{xi}$  и  $\theta_{xv}$  – коэффициенты линейной нагрузки от волн, принимаемые по графикам  $\theta$  и  $\theta$  рис. 19 [4]) при значениях относительной глубины  $z_{\bar{n}, rel} = \frac{d - z_{\bar{n}}}{d}$ ,

$\beta_y$  и  $\beta_v$  – инерционный и скоростной коэффициенты формы преграды с поперечным сечением в виде круга, эллипса и прямоугольника, принимаемые по графикам (рис. 17 [4]) при значениях  $a/b$  – для горизонтальной и  $b/a$  – вертикальной составляющих нагрузки.

Значение горизонтальной  $P_x$ , кН/м или вертикальной  $P_z$ , кН/м, составляющих линейной нагрузки от волн на горизонтально обтекаемую преграду при любом ее расположении  $X$  относительно вершины волны определяется, соответственно, по формулам (14) и (17), при этом коэффициенты сочетания  $\delta_{xi}$ ,  $\delta_{xv}$  и  $\delta_{zi}$ ,  $\delta_{zv}$  принимают по гра-

фикам (рис.18 и 23 [4]) для заданного значения  $\chi = \frac{x}{\lambda}$ .

Отсюда полная волновая нагрузка на наплавное сооружение равна

$$P_g = P_{max} \cdot b1, \quad (20)$$

где  $b1$  – ширина преграды, на которую действуют волны.

Силу от воздействия остановившегося ледяного поля, навалившегося на сооружение при действии течения воды и ветра  $F_n$ , МН, определяется по формуле [4]

$$F_n = (p_\mu + p_v + p_i + p_{\mu a}) \cdot A, \quad (21)$$

в которой  $p_\mu, p_v, p_i, p_{\mu a}$ , МПа, определяются по формулам:

$$p_\mu = 5 \cdot 10^{-6} v_{max}^2; \quad (22)$$

$$p_v = 5 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{h_d \cdot v_{max}^2}{L_m}; \quad (23)$$

$$p_i = 9,2 \cdot 10^{-3} h_d \cdot i; \quad (24)$$

$$p_{\mu a} = 2 \cdot 10^{-8} v_{w, max}^2, \quad (25)$$

где  $V_{max}$  – максимальная скорость течения воды подо льдом 1 %-ной обеспеченности в период ледохода, м/с;

$V_{w, max}$  – максимальная скорость ветра 1 %-ной обеспеченности в период ледохода, м/с;

$L_m$  – средняя длина ледяного поля по направлению потока, принимаемая по данным натурных наблюдений, а при отсутствии для рек допускается принимать равной утроенной ширине реки, м;

$i$  – уклон поверхности потока;

$h_d$  – расчетная толщина льда, принимаемая равной для речного льда 0,8 от максимальной за зимний период толщины льда обеспеченность 1 %;

$A$  – площадь ледяного поля, м<sup>2</sup>.

Вертикальную силу от примерзшего к сооружению ледяного покрова при изменении уровня воды рекомендуется определять по формуле [4]

$$F_d = 0,2 \cdot l \cdot v_d \cdot t_d^4 \sqrt{\frac{h_{max}^3}{\Phi}}, \quad (26)$$

где  $l$  – длина участка сооружения на уровне действия льда, м;

$v_d$  – скорость понижения или повышения уровня воды, м/ч;

$t_d$  – время, в течение которого происходит деформация ледяного покрова при понижении или повышении уровня воды, ч;

$h_{\max}$  – максимальная толщина ледяного покрова обеспеченностью 1 %, м;

$\Phi$  – безразмерная функция времени, определяемая по формуле

$$\Phi = 1 + \frac{3 \cdot 10^3}{\eta_i} \cdot [t_d + 50 \cdot (1 - e^{-0,4 t_d})], \quad (27)$$

$\eta_i$  – коэффициент вязкости льда, *Mna* ч, определяемый по формулам:

при  $t_i \geq -20^\circ C$

$$\eta_i = (3,3 - 0,28 \cdot t_i + 0,083 \cdot t_i^2) \cdot 10^2; \quad (28)$$

при  $t_i < -20^\circ C$

$$\eta_i = (3,3 - 1,85 \cdot t_i) \cdot 10^2, \quad (29)$$

$t_i$  – температура льда,  $^\circ C$ , определяемая по формуле

$$t_i = t_b \cdot h_{rel} + \frac{V_{ta} \cdot t}{2} \cdot \psi, \quad (30)$$

где  $t_b$  – начальная температура воздуха,  $^\circ C$ , от которой начинается повышение;

$h_{rel}$  – относительная толщина ледяного покрова с учетом влияния снега, м;

$\psi$  – безразмерный коэффициент;

$t$  – интервал времени между двумя измерениями температуры воздуха, ч.

При работе наплавного сооружения имеют место силы лобового сопротивления потоку.

Обтекание цилиндрических тел большого удлинения потоком, направленным нормально к образующим тел, так называемым поперечным потоком ( $\varphi = 0$ ), может приниматься плоским, так как большое удлинение тела позволяет пренебречь перетеканием жидкости по его торцам. Наиболее полные экспериментальные исследования симметричных цилиндров при плоском обтекании выполнены в работах [1, 7, 8]. Основным содержанием которых является определение сил лобового сопротивления и характеристик вихревого следа круглых цилиндров при различных режимах обтекания, а обобщенные их данные приведены на рис. 4.

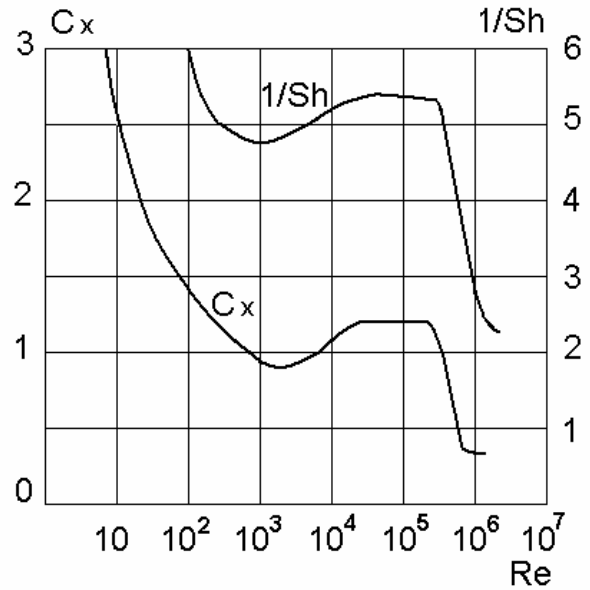


Рис.4. Зависимость коэффициента  $C_x$  и величины  $1/Sh$  для кругового цилиндра от  $Re$

Значения коэффициента  $C_x$  и  $Re$  вычисляются по формулам[1]

$$Re = \frac{V_o \cdot c}{\nu}; \quad (31)$$

$$c_x = \frac{\Delta X}{(\rho/2) \cdot b \cdot V_o^2}, \quad (32)$$

где  $V_o$  – скорость движения потока, м/с;  
 $\nu$  – кинематическая вязкость, м<sup>2</sup>/с;  
 $c$  – размер поперечного сечения цилиндрического тела по оси  $O_{x1}$ , м;

$\Delta X$  – сила лобового сопротивления, приходящаяся на единицу длины цилиндра, Н/м.

По числу  $Re$  по графику определяется  $C_x$ , а по формуле(32) сила лобового сопротивления.

В специфике работы водохранилища имеет место изменения средней бытовой скорости по живому сечению потока на участке расположения запани, поэтому необходимо учитывать и эту особенность.

При внезапном изменении водопропускного отверстия, закрываемого щитовым затвором, скорость массы воды между затвором и фронтом волны изменяется от  $V_1$  до  $V_2$  (рис. 5).



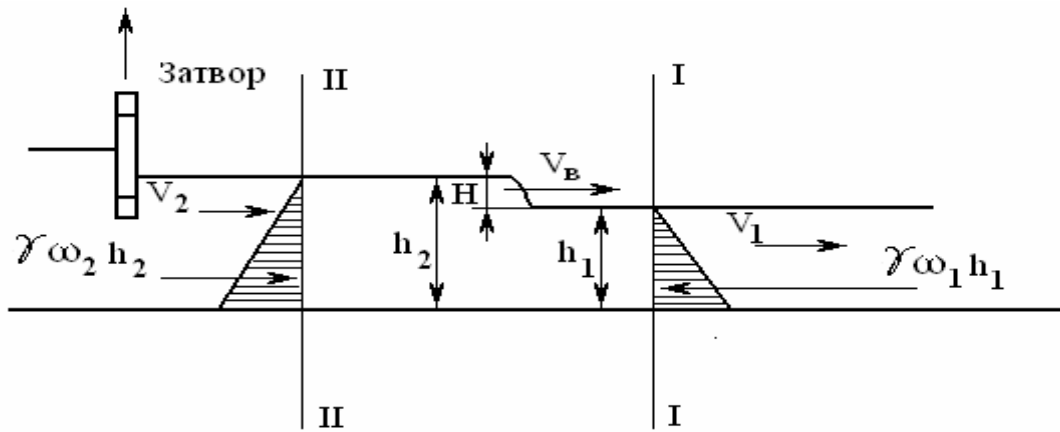


Рис. 5. Быстро изменяющееся равномерное поступательное движение

Сила, необходимая для изменения количества движения за единицу времени, равна произведению массы на изменение скорости за единицу времени

$$F = \frac{1}{q}(V_2 - V_1)\omega_2\gamma(V_2 - V_1), \quad (33)$$

где  $\gamma$  – объемный вес воды, кг/м<sup>3</sup>;

$V_2$  – скорость фронта волны, м/с;

$V_1, V_2$  – скорость в сечении до и после фронта волны, м/с;

$\omega_2$  – площадь сечения до волнового фронта, м<sup>2</sup>.

Неуравновешенная сила равна разности гидростатических давлений на площади  $\omega_1$  и  $\omega_2$  в сечениях 2 – 2 и 1 – 1, поэтому

$$F = \gamma\omega_2\bar{h}_2 - \gamma\omega_1\bar{h}_1, \quad (34)$$

где  $\bar{h}_1$  и  $\bar{h}_2$  – глубины центров тяжести указанных площадей.

Поскольку

$$V_2 = \frac{V_1\omega_1 + V_2\omega_2 - V_2\omega_1}{\omega_2}, \quad (35)$$

то

$$V_2 = \sqrt{\frac{(\omega_2\bar{h}_2 - \omega_1\bar{h}_1)g}{\omega_1\left(1 - \frac{\omega_1}{\omega_2}\right)}} + V_1. \quad (36)$$

Скорость относительного распространения волны  $C = V_2 \pm V_1$  равна

$$C = \sqrt{\frac{(\omega_2\bar{h}_2 - \omega_1\bar{h}_1)g}{\omega_1\left(1 - \frac{\omega_1}{\omega_2}\right)}}. \quad (37)$$

Из четырех теоретически возможных типов быстро изменяющегося неустановившегося движения выделен тип с наступающим фронтом волны, перемещающимся вверх по течению (рис. 6).

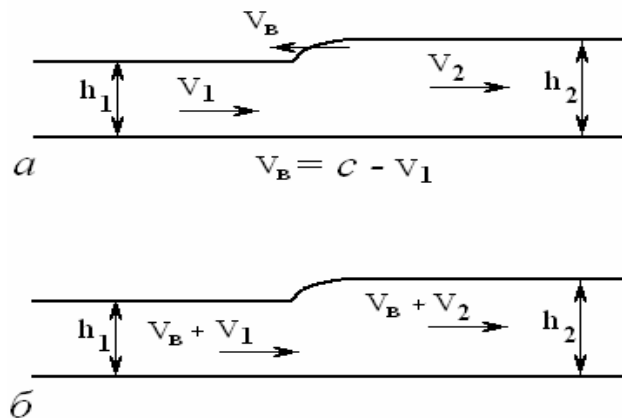


Рис.6. Наступающий фронт встречной волны:  
а – неустановившееся движение;  
б – в системе наблюдателя, связанного с фронтом волны

Скорость волны в этом случае равна

$$V_2 = C - V_1. \quad (38)$$

Тогда с учетом (38) формула (10) примет вид

$$P_0 = 20,5\beta\beta'W_{np}\varphi_\tau(v^2 - v_2^2), \quad (39)$$

где  $v$  – средняя бытовая скорость по живому сечению потока на участке расположения запани, м/с;

$v_2$  – скорость встречной волны, м/с.

Месяцы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Коэффициенты		$a = 0$ $\epsilon = 1$ $c = 1$		$\epsilon = 0$ $a = 1$ $c = 1$			$c = 0$ $a = 1$ $\epsilon = 1$			$\epsilon = 0$ $a = 1$ $c = 1$		$a = 0$ $\epsilon = 1$ $c = 1$

Определив все составляющие формулы (12) задаем граничные условия, учитывая при этом, что запань работает круглый год и нагрузки на наплавное сооружение за сезон будут различные.

Вводим коэффициенты сезонности, которые приведены в табл.2

С учетом коэффициентов сезонности формула (12) примет вид

$$P_{\text{н\ddot{e}и}} = a \cdot b \cdot P_a + a \cdot b \cdot P_a + a \cdot c \cdot F_{\epsilon} + a \cdot b \cdot \Delta X + c \cdot F_d. \quad (40)$$

Окончательно в расчетах несущих элементов конструкции наплавного сооружения принимается пиковая нагрузка, которая будут иметь место в тех или иных производственных условиях в течение года.

Расчетное натяжение лежня [2] определяется по формуле

$$T = K \cdot P_{\text{полн.}}, \quad (41)$$

где  $K$  – коэффициент запаса прочности, а  $L_p$  – длина лежня

$$S = 1,23 \cdot b, \quad (42)$$

где  $b$  – средняя ширина реки в пределах расчетной длины пыжа  $L_p$ , м;

При расположении лежня в две ветви натяжение верхней ветви лежня определяется по формуле [67]

$$T_{\epsilon} = T \left( \frac{0,7t_n}{a + t_n} \right), \quad (43)$$

а натяжение нижней ветви лежня по формуле

$$T_i = T \left( \frac{a + 0,3t_i}{a + t_i} \right), \quad (44)$$

где  $t_n$  – подводная толщина пыжа, м;  
 $a$  – возвышение верхней ветви над водой, м.

Расчетное натяжение в подвесках (стропях) определяется по формуле

$$T_n = 0,21 p_o l_n, \quad (45)$$

где  $l_n$  – расстояние между подвесками, м;

$$p_o = \frac{P_{\text{полн.}}}{b} \text{ – давление пыжа на 1 пог. м}$$

ширины лесохранилища.

Длина подвесок определяется по формуле

$$S = 1,57(t_n + a). \quad (46)$$

По полученным значениям  $T_{\epsilon}$ ,  $T_n$ ,  $T_i$  и действующим ГОСТам подбирают канаты для лежня и подвесок по разрывному усилию.

Для сетчатой запани при расположении тросов лежня в две ветви (верхнюю, идущую по понтонам, и нижнюю, расположенную под водой и соединенную с верхней подвесками) натяжение в обеих и размеры канатов определяют отдельно.

### Список литературы

1. Девнин С.И. Аэрогидромеханика плохобтекаемых конструкций: Справочник. – М.: Судостроение, 1983. – 320 с.
2. Инструкция по проектированию лесосплавных предприятий. ВСН4–78 Минлеспром СССР. – Л.: Гипролестранс, 1979. – 294 с.
3. Инструкция по изысканиям, проектированию, строительству, монтажу и эксплуатации запаней. – М.: Лесная пром-сть, 1971. – 104 с.
4. СНиП 2.06.04-82\*. Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов) / Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1989. – 40 с.
5. ЦНИИ лесосплава // Тр. ин-та / Запани и бонны. – Л., 1936.
6. ЦНИИ лесосплава // Тр. ин-та / Лежневые запани. – Л., 1937.
7. Delany N.K, Sorensen N.E, Low-Speed Drag of Cylinders of Various Shapes. – NACA, Wash, Techn., Note 3038, 1953.
8. Polhamus E.C., Geller E.W., Grunwald K.L. Pressure and Force Characteristics of Noncircular Cylinders as Affected by Reynokls Number with a Method Included for Determining the Potential Flow about Arbitrary Shapes. – Tech. Report R-46, Langley Research Center.

## УПРАВЛЕНИЕ ПОТОКАМИ ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ В КОМБИНИРОВАННОМ ЦЕХЕ

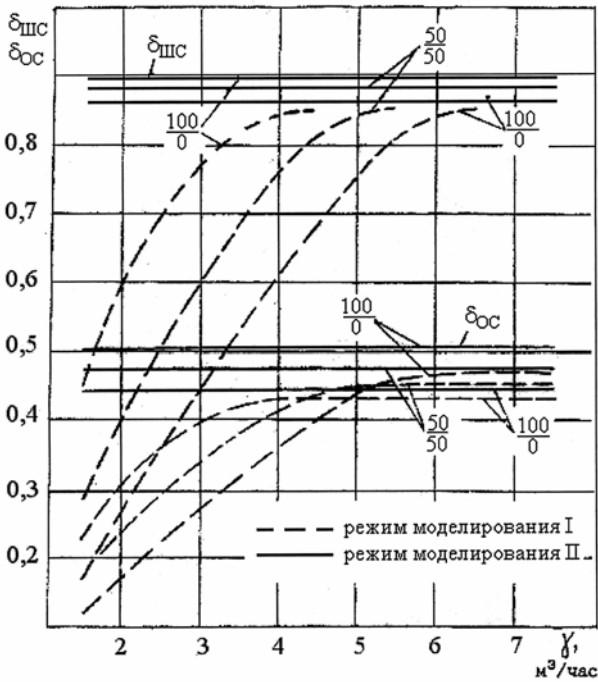
А.А. ШАДРИН, *проф. каф. технологии и оборудования лесопромышленного пр-ва МГУЛа, канд. техн. наук*

С целью повышения коэффициента загрузки применяемых станков и оборудования на нижних лесопромышленных складах лесозаготовительных предприятий создаются комбинированные цехи, позволяющие обрабатывать в общих технологических потоках различные по назначению сортаменты на различную продукцию [1]. Однако при функционировании таких достаточно сложных технологических процессов могут возникать ситуации, когда из-за ограниченной производительности отдельных станков или участков технологической линии возникают простои смежных станков и всей технологической линии. Как показали предварительные исследования, эти простои могут достигать 50-60 % от времени смены.

В реальных производственных условиях не всегда удается достаточно быстро перестроить технологическую линию цеха с учетом изменившегося состава обрабатываемого сырья таким образом, чтобы обеспечить требуемые интенсивности обработки заготовок на всех участках линии. Поэтому, с целью исключения простоев технологической линии по указанным причинам, предлагается такое управление потоками лесоматериалов в процессе их обработки, при котором полученные на головном делительном станке заготовки в случае переполнения буферного магазина перед каким-либо станком технологической линии, минуют этот станок и поступают на дальнейшую обработку к другим станкам линии или на склад готовой продукции. При этом отдельный станок или участок с недостаточной интенсивностью обработки заготовок перестает быть участком технологической линии, сдерживающим ее загрузку и производительность. Построенный таким образом технологический процесс обеспечивает минимальные простои станков технологической линии цеха. Для

примера на рис. 1 показаны результаты расчета коэффициентов загрузки окорочного и шпалорезного станков в комбинированном шпалорезно-тарном цехе при различных интенсивностях обработки лесоматериалов в отделении по производству мелких пиломатериалов и различных составах обрабатываемого сырья. Эти расчеты производились на имитационной модели технологического процесса лесообрабатывающего цеха, разработанной на кафедре ТОЛП МГУ леса. Реализация модели осуществлялась в двух режимах. В «Режиме-I» шпалорезный станок останавливается при переполнении буферного магазина перед отделением переработки деловых горбылей и сегментов на мелкую пилопродукцию. В «Режиме-II» шпалорезный станок не останавливается при переполнении указанного буферного магазина, а деловые горбыли и сегменты поступают в рубительную машину для переработки на технологическую щепу. Состав обрабатываемого сырья задавался процентным соотношением шпальных и тарных кряжей. На рис. 1 в обозначении кривых указано: в числителе – доля шпального сырья в общем объеме обработки древесины в цехе; в знаменателе – доля тарных кряжей. Из графика видно, что если шпалорезный станок (ШС) не простаивает при переполнении буферного магазина перед отделением мелких пиломатериалов (ОМП), то независимо от интенсивности обработки лесоматериалов в этом отделении коэффициенты загрузки окорочного и шпалорезного станков являются максимальными и имеют значения соответственно  $\delta_{oc} = 0,48$  и  $\delta_{шс} = 0,88$ , в противном случае простои ОС и ШС достаточно велики и их загрузка снижается до значений  $\delta_{oc} = 0,16$  и  $\delta_{шс} = 0,29$  (при интенсивности перера-

ботки заготовок в отделении мелких пиломатериалов  $\gamma = 1,5 \text{ м}^3/\text{час}$ ).

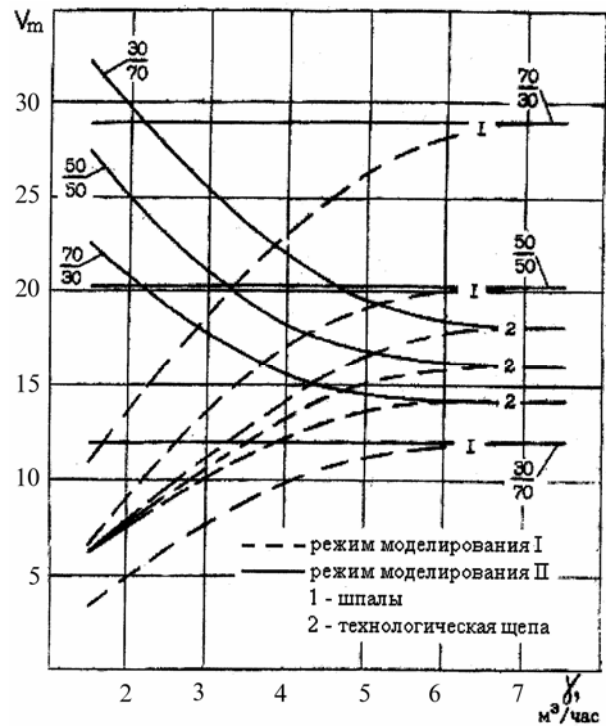


Интенсивность обработки лесоматериалов в ОМП

Рис. 1. Влияние управления потоками лесоматериалов в цехе на загрузку применяемых станков: режим моделирования I – ШС останавливается при переполнении  $\text{БМ}_{\text{ОМП}}$ ; режим моделирования II – ШС не останавливается при переполнении  $\text{БМ}_{\text{ОМП}}$ ;  $\delta_{\text{ОС}}$ ,  $\delta_{\text{ШС}}$  – коэффициенты загрузки окорочного и шпалорезного станков соответственно

На рис. 2 приведены графики зависимости выхода готовой продукции при различных вариантах управления потоками лесоматериалов и при различных интенсивностях обработки лесоматериалов в отделении мелких пиломатериалов цеха и составах обрабатываемого сырья. Из графиков видно, что за счет исключения простоев технологической линии вследствие ограниченной интенсивности обработки лесоматериалов в отделении мелких пиломатериалов обеспечивается максимальный выход готовой продукции в виде шпал и технологической щепы. При этом наибольший эффект от управления потоками наблюдается при малых значениях интенсивности обработки лесоматериалов.

териалов в отделении мелких пиломатериалов.



Интенсивность обработки лесоматериалов в ОМП

Рис. 2. Влияние управления потоками лесоматериалов в цехе на выход готовой продукции: режим моделирования I – ШС останавливается при переполнении  $\text{БМ}_{\text{ОМП}}$ ; режим моделирования II – ШС не останавливается при переполнении  $\text{БМ}_{\text{ОМП}}$ ;  $V$  – сменный объем выхода готовой продукции цеха,  $\text{м}^3$

Необходимо отметить, что технологический процесс, построенный по принципу комбинирования различных лесоперерабатывающих производств в общих технологических потоках, может быть применим также и для специализированных цехов при сокращении в снабжении их требуемым видом сырья. Например, при сокращении подачи пиловочного сырья в специализированный лесопильный цех дозагрузка оборудования цеха, имеющего в своем составе рубительную машину, может быть осуществлена за счет обработки дровяных кряжей. При этом головной лесопильный станок (ленточнопильный или круглопильный для индивидуальной обработки бревен) будет выполнять роль делительного станка

для выпилки гнили и деления дровяных кряжей до размеров, позволяющих подать выпиленные заготовки в патрон рубительной машины. В этом случае специализированный лесопильный цех превращается в комбинированный лесопильно-щеповой, а снижение объемного выхода пиломатериалов компенсируется увеличением выхода технологической щепы.

Таким образом, при изменении состава поступившего на обработку древесного

сырья, загрузка станков и выход готовой продукции в лесообработывающем цехе может быть существенно повышена за счет оперативного управления потоками лесоматериалов в процессе их обработки и догрузки станков цеха дополнительными видами круглых лесоматериалов.

### Список литературы

1. Редькин А.К. и др. Технология и проектирование лесных складов. – М.: Экология, 1991.

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ СТЕНД И МЕТОДИКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ДЛИТЕЛЬНОЙ ПРОЧНОСТИ ПРИ ЗНАКОПЕРЕМЕННЫХ ТЕПЛОВЫХ И ВЛАЖНОСТНЫХ ГРАНИЧНЫХ УСЛОВИЯХ

Д.Ю. БАШМАКОВ, *асп. каф. процессов и аппаратов МГУЛа*

**И**зменение конструкционных свойств древесностружечных плит (ДСтП), не испытывающих действия нагрузки, является следствием воздействия двух основных эксплуатационных факторов: температуры и влажности воздуха, которые способствуют появлению напряжений в ДСтП. Действие напряжений постепенно приводят к накоплению усталости и разрушению материала.

Изучение длительной прочности ДСтП позволит найти пути улучшения свойств плит конструкционного назначения и более широко использовать их взамен натуральной деловой древесины в строительстве, на транспорте и во всех других отраслях, где плиты эксплуатируются в условиях переменной и повышенной влажности воздуха при непосредственном соприкосновении с водой.

Задачей исследования является получение экспериментальных данных, на основании которых можно сделать вывод о том, как температурные и влажностные воздействия влияют на появление внутренних напряжений при эксплуатации ДСтП.

Анализ существующих методов ускоренных испытаний клееных материалов показывает, что оценкой степени старения материала чаще всего является изменение прочно-

сти. Однако получил распространение метод фиксирования степени расслаивания соединения. Именно на этом принципе построено испытание по ASTM 1101-59, которое предусматривает увлажнение и высушивание многослойных образцов – блоков длиной по волокну 50 мм и сечением 150×150 мм или 200×200 мм. В отечественной практике [5] применяются образцы с полным поперечным сечением склеенного элемента, из которого отрезаны образцы указанной длины по волокну. Ускорение достигается увлажнением в автоклаве при разрежении 0,093 МПа в течение 2 ч, а затем под давлением 0,6 МПа также в течение 2 ч. Подобная обработка повторяется дважды, а затем производится принудительная сушка потоком теплого (60 – 70° С) воздуха (скорость 60 – 100 м/мин) в течение 88 ч. Перечисленные операции составляют один цикл, который повторяется трижды. После этого измеряют длину трещин во всех швах и определяют степень их расслоения, как отношение длины расслоившейся части к общей длине швов. Допускается расслоение до 10 %.

Большие трудности встречаются при попытках экстраполировать продолжительность ускоренного старения ко времени действия реальных атмосферных условий.

Строго говоря, это возможно только при наличии кинетических кривых изменения исследуемых свойств при обоих способах старения, поскольку, например, прочность при ускоренном старении может сначала снижаться медленнее, чем в атмосфере, а затем быстрее или наоборот. В связи с этим предложения о приравнивании определенного числа циклов к срокам пребывания в атмосфере следует рассматривать как первое приближение [5].

В последнее время предложен ряд методов ускоренных испытаний, основанных на предположении, что действие атмосферы сводится исключительно к деструкции полимера вследствие его старения. В соответствии с этими методами соединения подвергаются действию экстремальных температур и влажности в течение сроков, соответствующих интегральному времени действия этих факторов в данном климатическом районе. Однако при этом не учитывается, что для реальных изделий подчас опаснее не деструкция, а описанные выше физические процессы усталости при действии на полимер постоянных и переменных температурных и влажностных напряжений, а также дополнительное структурирование, ведущее к росту жесткости клеевого шва и, соответственно, концентрации напряжений.

Таким образом, остаточные напряжения и скорость их релаксации при ускоренных испытаниях неизбежно отличаются от напряжений, возникающих в естественных условиях. Кроме того, переход от одного ре-

жима нагружения к другому может привести к перераспределению напряжений в образце или изменению структурных характеристик материала, влияющих на его прочность. Тем не менее результаты ускоренного старения с успехом используют для сравнительной оценки клеев, что позволяет более правильно судить о надежности клеевых соединений.

Проводимые исследования направлены на выявления динамики изменения физико-механических свойств ДСтП, а именно предела прочности при изгибе и предела прочности при растяжении перпендикулярно пласти при воздействии знакопеременных тепловых и влажностных граничных условий на ДСтП различной плотности и структуры.

Для эксперимента используются однослойные и многослойные стружечные плиты плоского прессования из листовенных пород древесины, толщиной 14 мм, на карбамидоформальдегидных связующих в диапазоне плотности  $\rho = 500 \div 900 \text{ кг/м}^3$ .

#### Определение предела прочности ДСтП при изгибе

Согласно ГОСТ 10633-78, регламентирующего общие правила подготовки и проведения физико-механических испытаний ДСтП, для определения предела прочности при изгибе необходимо минимум 8 образцов.

Для проведения исследования используем образец размером 600×400 мм (рис. 1) из которого можно выпилить 8 образцов необходимых для определения предела прочности ДСтП при изгибе.

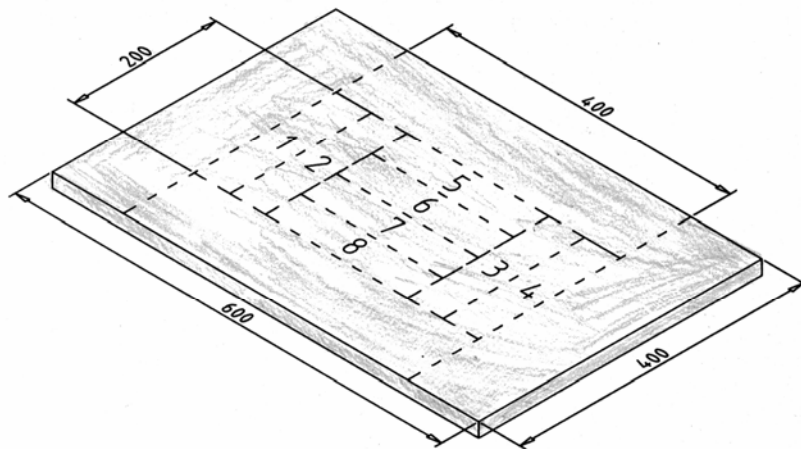


Рис. 1. Образец для определения предела прочности при изгибе

Затем опытные образцы помещаем для кондиционирования при температуре 20 °С и влажности 65 %. Эти образцы в свою очередь предназначены для распиловки на 8 образцов для определения предела прочности при изгибе размером 200×50 мм, которые испытываются в соответствии с ГОСТ 10635-78.

Контроль предела прочности при изгибе осуществляется с помощью трехточечного метода нагружения на испытательной машине, соответствующей ГОСТ 7855-84, и обеспечивающей точность отсчета равную 1 % разрушающей нагрузки. Расстояние между опорами испытательной машины составляет 150 мм, нагрузка прикладывается по середине опор (рис. 2).

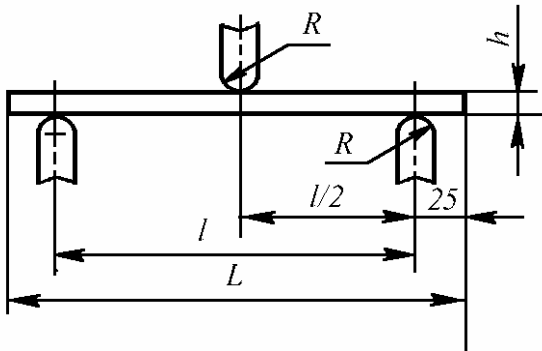


Рис. 2. Схема определения предела прочности образца при изгибе

Предел прочности при изгибе образца ( $\sigma_i$ ) в МПа вычисляем по формуле

$$\sigma_i = \frac{3Fl}{2bh^2},$$

где  $F$  – сила нагружения, действующая на образец в момент разрушения, Н;

$l$  – расстояние между опорами испытательного устройства, мм;

$b$  – ширина образца, мм;

$h$  – толщина образца, мм.

### Метод определения предела прочности при растяжении перпендикулярно пласти плиты

Согласно ГОСТ 10633-78, регламентирующего общие правила подготовки и проведения физико-механических испытаний ДСтП, для определения предела прочности при растяжении перпендикулярно пласти плиты необходимо минимум 8 образцов.

Для проведения исследования используем образец размером 350×350 (рис. 3), из которого можно выпилить 9 образцов необходимых для определения предела прочности ДСтП при растяжении.

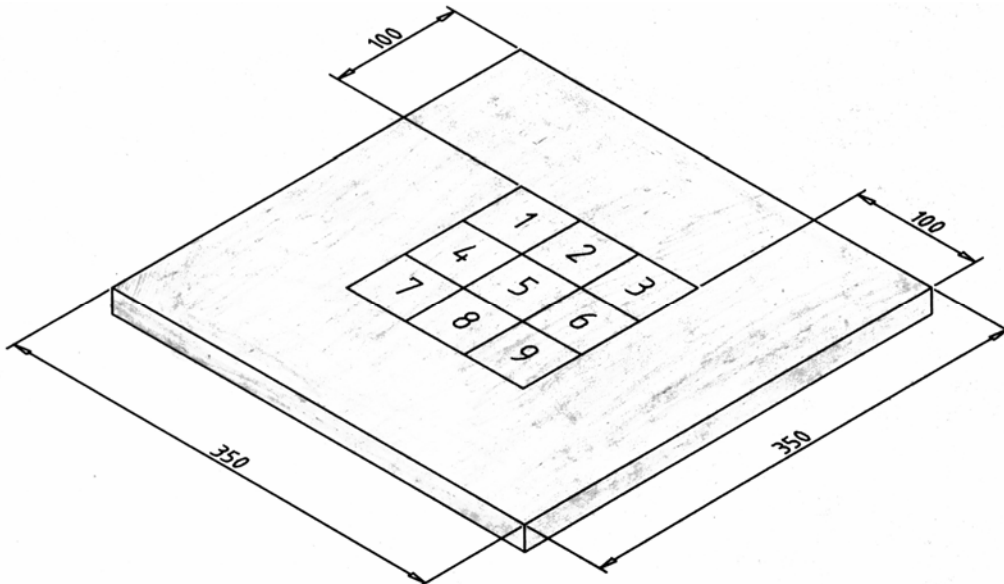


Рис. 3. Образец для определения предела прочности при растяжении

Согласно ГОСТ 10636-90 образцы для определения предела прочности при растяжении перпендикулярно пласти плиты должны иметь форму квадрата со стороной 50 мм. Образцы приклеиваются к металлическим профильным колодкам (рис. 4) эпоксидным клеем холодного отверждения. Для передачи растягивающего усилия образцу от испытательной машины используются захваты в виде металлических скоб (рис. 5).

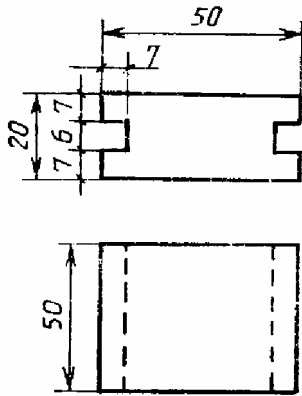


Рис. 4. Профильная колодка

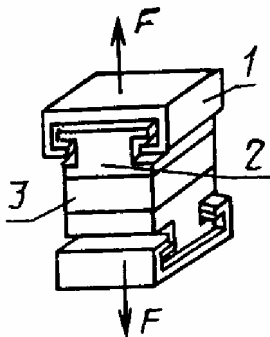


Рис. 5. Схема нагружения: 1 – захват; 2 – профильная колодка; 3 – образец

Нагружение образца производится постепенно до его разрушения, а при разрушении клеевого соединения образца с колодкой результат не учитывается, и испытывается новый испытательный блок.

Предел прочности при растяжении перпендикулярно пласти плиты ( $\sigma_i$ ) в МПа вычисляем по формуле:

$$\sigma_i = \frac{F}{lb},$$

где  $F$  – максимальная разрушающая нагрузка, Н;

$l$  – длина образца, мм;

$b$  – ширина образца, мм.

Результаты испытаний заносим в протокол.

Определения начальных физико-механических свойств испытываемого материала до помещения образцов в климатическую камеру. Определяем следующие параметры: плотность  $\rho$ ; начальную влажность  $w_{нач}$ ; начальный предел прочности. Результат испытаний заносим в протокол испытаний, где помимо упомянутых величин указываем фракционный состав древесных частиц образца  $d$ ; количество связующего  $C$ , концентрацию связующего  $K$ , температуру прессования  $t_{прес}$ , время прессования  $\tau$ .

Для разработки метода расчета необходимо использовать уравнения переноса тепла и массы в древесностружечной плите.

#### Уравнение переноса энергии

Так как размер образцов по длине и ширине сильно превышает ( $>10$  раз) их толщину, то приблизительный расчет полей распределения температуры и влажности можно проводить, считая испытываемый образец одномерным телом (неограниченной пластиной):

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = \frac{\lambda_{\perp}}{\rho_{пл} c_p} \frac{\partial^2 t}{\partial x^2} \pm \frac{\varepsilon r}{c_p} \frac{\partial w}{\partial \tau}, \quad (1)$$

где  $\rho_{пл}$  – плотность влажной древесностружечной плиты [ $\text{кг}/\text{м}^3$ ];

$c_p$  – теплоемкость плиты [ $\text{Дж}/(\text{кг}\cdot^{\circ}\text{C})$ ];

$\lambda_{\perp}$  – коэффициент теплопроводности плиты в направлении, перпендикулярном плоскости прессования [ $\text{Вт}/\text{м}\cdot^{\circ}\text{C}$ ];

$t$  – температура плиты [ $^{\circ}\text{C}$ ];

$x$  – координата в направлении оси  $Ox$  [м];

$w$  – влагосодержание;

$r$  – скрытая теплота парообразования;

$\varepsilon$  – коэффициент фазового перехода.



Если коэффициент теплопроводности относить к плотности влажного материала в пределах изменения температуры от  $-10$  до  $90$  °С, плотности от  $370$  до  $830$  кг/м<sup>3</sup> и влажности от  $5$  до  $25\%$ , то нет необходимости отдельно учитывать влажность [14], поскольку изменение плотности за счет сближения и уплотнения древесных частиц изменяет теплопроводность в той же степени, что и изменение плотности за счет изменения влажности. Для расчета коэффициента теплопроводности плиты в рассматриваемых пределах изменения параметров можно использовать эмпирическую формулу [2]:

$$\lambda_{\perp} = \left( \frac{\rho_{\text{в}}^2}{111 \cdot 10^5} + 0,062 \right) [1 + 0,0018(t - 25)],$$

где  $\rho_{\text{вл}}$  – плотность влажной древесностружечной плиты, кг/м<sup>3</sup>;  
 $t$  – температура плиты, °С.

Приближенно ДСтП можно рассматривать как двухфазную среду, состоящую из древесного вещества и воды [2]. В этом случае удельная теплоемкость влажной древесины может быть подсчитана по формуле:

$$\tilde{n}_p = \frac{100\tilde{n}_d + W\tilde{n}_w}{100 + W},$$

где  $c_d$  – удельная теплоемкость древесного вещества, кДж/кг·°С;  
 $c_w$  – удельная теплоемкость воды, кДж/кг·°С;  
 $W$  – абсолютная влажность древесины, %.

### Уравнение переноса массы

При помещении материала в атмосфере влажного воздуха могут происходить два процесса: 1) сушка, или десорбция влаги из материала при парциальном давлении паров воды над поверхностью материала  $p_m$ , превышающем парциальное давление влаги в воздухе  $p_n$ , т.е. при  $p_m > p_n$ ; 2) увлажнение, или сорбция влаги материалом, при  $p_m < p_n$ .

Влага в ДСтП перемещается одновременно как в виде пара по свободным пространствам, так и в виде жидкости по капиллярам, заполненным водой. Водяной пар

перемещается (диффундирует) под действием градиента его парциального давления. Влага же в жидком виде движется под действием капиллярного давления [16].

Процесс перемещения влаги при температуре ниже  $100$  °С определяется в основном градиентом влажности, т.к. термодиффузионный перенос не превышает  $1...3\%$  от общего потока [1]. Для одномерного тела (неограниченная пластина) перенос влаги описывается дифференциальным уравнением, аналогичным уравнению нестационарной теплопроводности [3]:

$$\frac{\partial w(x, \tau)}{\partial \tau} = D_m \frac{\partial^2 w(x, \tau)}{\partial x^2}, \quad (2)$$

где  $D_m$  – коэффициент массопроводности (внутренней диффузии) [м<sup>2</sup>/с];  
 $w$  – влагосодержание;  
 $x$  – координата в направлении оси  $0x$ ;  
 $\tau$  – время.

Величина коэффициента  $D_m$  зависит от структуры ДСтП и определяется экспериментально.

Граничные условия массоотдачи можно получить, принимая допущения, что в пределах пограничного слоя перенос массы осуществляется только за счет диффузии, тогда

$$D_m(dw/dx)_{\text{нов}} = -\beta(c_n - c_p),$$

где  $D_m$  – коэффициент внутренней диффузии;  
 $\beta$  – коэффициент влагообмена (массоотдачи);  
 $c_n$  – влагосодержание поверхности;  
 $c_p$  – равновесное влагосодержание за пределами пограничного слоя.

Как видно из приведенных уравнений, процесс влагопереноса при испытании ДСтП определяется влажностью коэффициентами  $D_m$  и  $\beta$ , параметрами внешней среды, характеризующимися величиной равновесной влажности, и размерами тела [3].

Коэффициент влагообмена зависит от температуры  $t$ , степени насыщенности  $\varphi$ , скорости движения  $\mathcal{V}$  воздуха или газа.

Для определения коэффициента массоотдачи  $\beta$  Шубиным Г.С. [19] для плоской пластины составлена диаграмма.

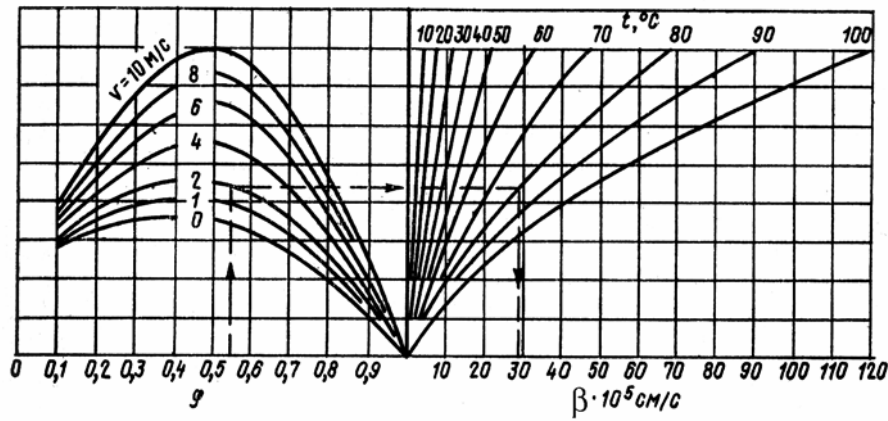


Рис. 6

Для определения коэффициента массоотдачи  $\beta$  можно также использовать термодиффузионную аналогию [10], согласно которой в рассматриваемых условиях

$$Nu_D \cong Nu,$$

где  $Nu_D = \frac{\beta l}{D}$  – диффузионное число Нуссельта;

$\beta$  – коэффициент массоотдачи, м/с;

$D$  – коэффициент контрационной диффузии водяного пара в воздухе, м<sup>2</sup>/с.

Для смеси водяного пара и воздуха коэффициент контрационной диффузии  $D$  может быть определен по формуле [2]:

$$D = D_0 \left[ \frac{t + 273}{273} \right]^{1,8} \left( \frac{p_0}{p} \right) = 2,2 \cdot 10^{-5} \left[ \frac{t + 273}{273} \right]^{1,8} \left( \frac{p_0}{p} \right),$$

где  $D_0$  – коэффициент диффузии водяного пара в воздух при 0 °С, м<sup>2</sup>/с;

$t$  – температура смеси, °С;

$p$  – давление смеси при данной температуре, Па;

$p_0$  – барометрическое давление, Па.

Вычислив  $Nu_D$ , коэффициент массоотдачи (влагообмена) может быть определен из следующего соотношения:

$$\beta = \frac{Nu_D \cdot D}{l}.$$

В большинстве случаев коэффициент массопроводности в капиллярно-пористом теле  $D_m$  оказывается непостоянным, зависящим от концентрации. В этом случае уравнение (2) оказывается нелинейным и его решение возможно только численными методами [1]. Для этого предварительно устанавливают зависимость  $D_m = f(w)$ . Затем процесс массопереноса делится по времени на ин-

тервалы. Условно принимается, что в пределах каждого интервала  $D_m = \text{const}$  и изменение концентрации описывается линейным уравнением (2).

Уравнения 1 и 2 могут быть реализованы для определения полей температуры и влажности при граничных условиях первого или третьего рода.

Величина напряжений реализуется экспериментально в соответствующем диапазоне температуры и влажности.

### Выбранные методы экспериментальных исследований

Для экспериментального определения распределения температуры по сечению испытываемого материала будет использован метод исследований с помощью установки датчиков температуры, распределенных внутри образца; определение относительной влажности воздуха внутри климатической камеры ведется с помощью емкостного датчика влажности; определение средней влажности образцов ведется весовым методом при помощи разработанных тензометрических весов.

### Исследование с помощью температурных датчиков

Для проведения исследований используются 5 хромель-копелевых термопар, которые помещаются внутрь образца, подвергнутого температурно-влажностным испытаниям. Термопары устанавливаются в отверстия, просверленные с торца образца на глубину 100 мм. Диаметр термопары равен 1 мм. Схема размещения термопар внутри испытываемого образца приведена на рис. 7.

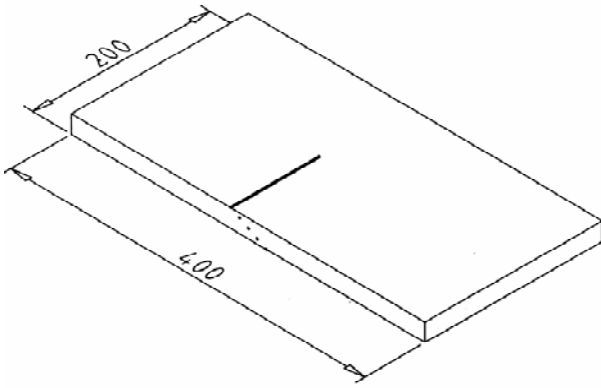


Рис. 7. Схема размещения термических преобразователей внутри образца. (точками обозначены места установки термопар)

Для получения временных характеристик изменения распределения температуры, термопары подключаются к термометру многоканальному (ТМ), предназначенному для измерения и контроля температуры, а также других неэлектрических величин, значения которых преобразуются в электрические сигналы силы и напряжения постоянного тока. ТМ является многофункциональным микропроцессорным прибором и функционирует как в автономном режиме, так и под управлением компьютерной программы через интерфейс RS 232 или RS 485.

Измерительные каналы ТМ предназначены для конфигураций с входными электрическими сигналами от преобразователей термоэлектрических (термопар) по ГОСТ 50431-92.

Измерение влажности образца, производится весовым способом при помощи разработанных тензометрических весов. Образец подвешивается внутри климатической камеры на тонкой медной проволоке, которая вторым концом выходит наружу климатической камеры и крепится к гибкой балке в точке  $P$ . Проволока воздействует на балку с силой  $F$ , равной весу образца. Сила  $F$  вызывает перемещение свободного конца балки  $\Delta s$ . Перемещение свободного конца балки вызывает деформацию в точке  $P'$  равную  $\varepsilon_x$ .

При таком методе измерения при малом изгибе балки выполняется соотношение [21]

$$\Delta s = \frac{2L^2 \varepsilon_x}{3lh},$$

где (см. также рис. 8)  $b$ ,  $h$  и  $L$  – ширина, толщина и длина балки соответственно;

$P$  – точка приложения силы;

$P'$  – точка измерения деформации;

$l$  – расстояние между точками  $P$  и  $P'$ ;

$\varepsilon_x$  – деформация в точке  $P'$ .

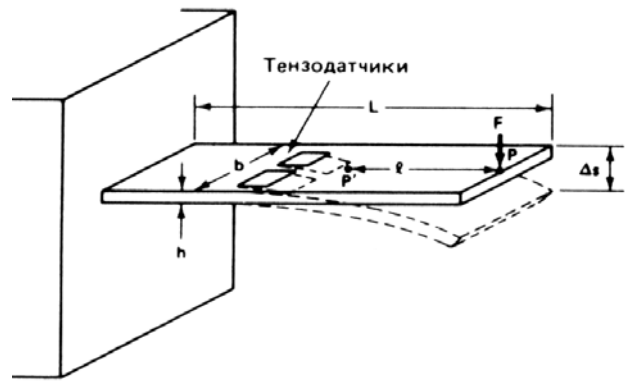


Рис. 8. Измерение массы образца с помощью гибкой балки

Контроль напряженного состояния ДСтП в ходе эксперимента осуществляем по дифференциальной усадке материалов, представляющей собой линейное перемещение центральной точки кромки ДСтП относительно базы – линии, связывающей крайние точки кромки (рис. 9) [3].

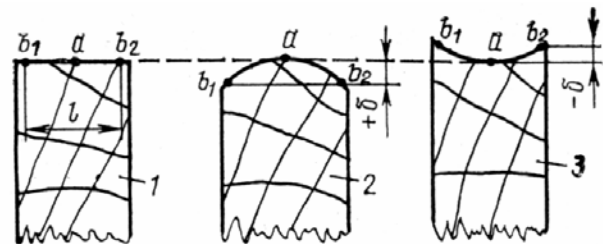


Рис. 9. Положение центральной точки кромки доски относительно крайних точек: 1 – перед сушкой; 2 – в процессе сушки; 3 – в конце сушки

Для преобразования линейного перемещения центральной точки относительно базы в сигнал параметрического вида перемещается первичный преобразователь диффузности (ПДУ), схема крепления которого к ДСтП представлена на рис. 10.

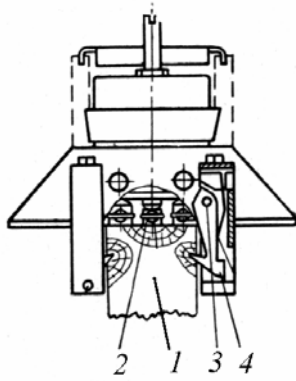


Рис. 10. Схема крепления ПДУ к образцу:  
1 – образец; 2 – датчик; 3 – несущее основание; 4 – вспомогательная опора

Для создания переменного климата используется температурная камера немецкой фирмы Brabender (рис. 11), обеспечивающая изменение и стабилизацию температуры внутри объема испытаний в диапазоне от  $-50$  до  $+180$  °С.

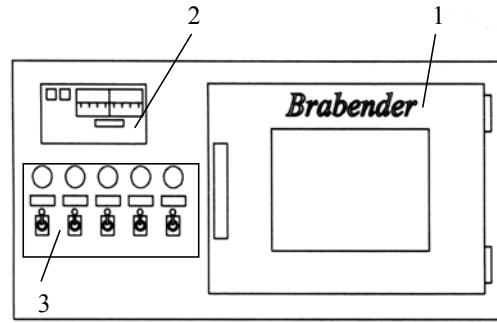


Рис. 11. Климатическая камера Brabender:  
1 – герметичная дверь, закрывающая объем испытаний; 2 – датчик температуры внутри объема испытаний; 3 – блок управления

Принципиальная схема рабочего участка, предназначенного для проведения экспериментов, представлена на рис. 12. Сигналы от датчиков поступают в компьютер и с помощью разработанной программы записываются в базу данных.

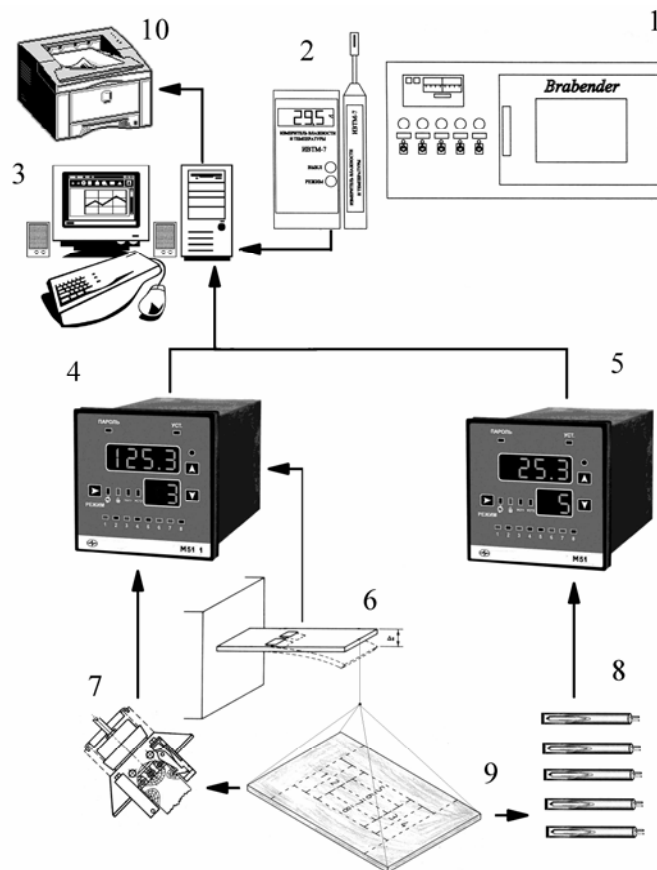


Рис. 12. Принципиальная схема работы информационно-измерительной системы:

1 – Климатическая камера; 2 – измеритель температуры и влажности воздуха; 3 – компьютер класса Pentium; 4 – прибор для подключения тензодатчиков; 5 – прибор для подключения датчиков температуры; 6 – тензодатчик для измерения веса образца; 7 – устройство для определения дифференциальной усадки образца; 8 – термопары для определения температуры на поверхности и внутри образца; 9 – образец; 10 – принтер

**Определение влияния температуры на изменение предела прочности ДСтП при изгибе**

Для определения влияния температуры на изменение предела прочности ДСтП при изгибе будут использоваться однослойные ДСтП плотностью  $\rho = 600 \div 800 \text{ кг/м}^3$ , высушенные до влажности  $w = 6\%$ . Исследования изменения предела прочности ДСтП проводим в диапазоне температур от  $20^\circ\text{C}$  до  $100^\circ\text{C}$ , с шагом изменения по температуре равным  $20$ .

Эксперименты проводим по следующей методике:

- 1) проводим сушку ДСтП до  $6\%$ ;
- 2) помещаем образцы в температурную камеру, где выдерживаем при температуре  $20^\circ\text{C}$  до стабилизации температуры внутри ДСтП;
- 3) вынимаем из камеры  $1^{\text{й}}$  образец и определяем предел прочности при изгибе;
- 4) через  $6$  часов выдержки при заданной температуре вынимаем из камеры  $2^{\text{й}}$  образец и определяем предел прочности при изгибе;
- 5) через  $12$  часов выдержки при заданной температуре вынимаем из камеры  $3^{\text{й}}$  образец и определяем предел прочности при изгибе;
- 6) через  $18$  часов выдержки при заданной температуре вынимаем из камеры  $4^{\text{й}}$  образец и определяем предел прочности при изгибе;

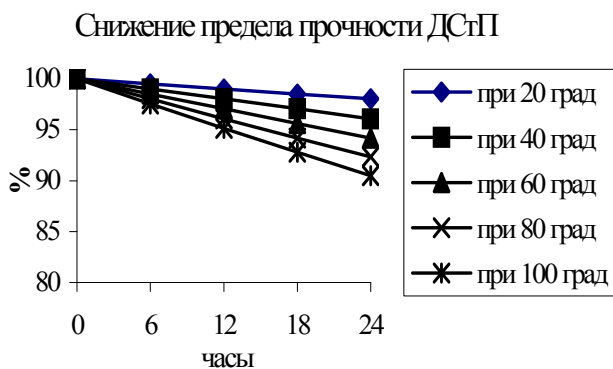


Рис. 13. Снижение прочности ДСтП при температурных испытаниях

7) через  $24$  часов выдержки при заданной температуре вынимаем из камеры  $5^{\text{й}}$  образец и определяем предел прочности при изгибе;

8) далее повторяем шаги 2-7 для температуры внутри тепловой камеры равной  $40, 60, 80$  и  $100^\circ\text{C}$ ;

9) по полученным данным строим графики снижения предела прочности плит при изгибе. Пример графика показан на рис. 13.

**Определение влияния влажности на изменение предела прочности ДСтП при изгибе**

Для определения влияния температуры на изменение предела прочности ДСтП при изгибе будут использоваться однослойные ДСтП плотностью  $\rho = 600 \div 800 \text{ кг/м}^3$ . Исследования изменения предела прочности ДСтП проводим в диапазоне изменения их влажности от  $50$  до  $6\%$ .

Эксперименты проводим по следующей методике:

- 1) для эксперимента будут использованы  $3$  партии по  $5$  образцов в каждой. Образцы нумеруем. Номер образца состоит из двух цифр: первая соответствует номеру партии, вторая – номеру образца. Помещаем все  $15$  образцов ДСтП в воду и выдерживаем их до достижения влажности равной  $50\%$ ;
- 2) помещаем все образцы ДСтП в температурную камеру, где их сушим при температуре  $90^\circ\text{C}$ ;
- 3) весовым методом контролируем влажность образцов. При достижении образцами средней влажности равной  $40\%$  вынимаем из камеры образец под номером «1-1» – первый образец из первой партии;
- 4) герметично упаковываем вынутый образец в полиэтиленовую пленку и выдерживаем сутки для стабилизации полей температуры и влажности по толщине образца;
- 5) испытываем вынутый образец и определяем предел прочности при изгибе;
- 6) при достижении образцами влажности равной  $30\%$  вынимаем из камеры образец  $2$  партии  $1$ , повторяем шаг 4 и 5;

7) при достижении образцами влажности равной 20 % вынимаем из камеры образец 3 партии 1, повторяем шаг 4 и 5;

8) при достижении образцами влажности равной 10 % вынимаем из камеры четвертый образец 4 партии 1, повторяем шаг 4 и 5;

9) при достижении образцами влажности равной 6 % вынимаем из камеры образец 5 партии 1, повторяем шаг 4 и 5;

10) вынимаем из камеры оставшиеся в ней образцы 2 и 3 партий и производим их увлажнение до влажности равной 50 %;

11) снова помещаем образцы 2 и 3 партий в температурную камеру, где их сушим при температуре 90 °С;

12) при достижении образцами влажности равной 40 % вынимаем из камеры образец под номером «2-1» – первый образец из второй партии;

13) далее повторяем шаги 5-9 для образцов второй партии;

14) вынимаем из камеры оставшиеся в ней 3 партии и производим их увлажнение в воде до влажности равной 60 %;

15) снова помещаем образцы 3 партии в температурную камеру, где их сушим при температуре 90 °С;

16) далее повторяем шаги 5-9 для образцов третьей партии;

17) по полученным данным строим графики снижения предела прочности плит.

### Результаты исследований

В результате проведенных исследований будут созданы компьютерные базы данных в формате Microsoft Access, которые содержат информацию о изменении распределения по толщине образца значений температуры во времени, изменения интегральной влажности образцов и параметров климата во времени. Анализ этих данных позволит лучше изучить процессы, происходящие в ДСтП в ходе температурных и влажностных испытаний, и получить замыкающие связи для математической модели длительной прочности композиционного материала, разрабатываемой на кафедре процессов и аппаратов МГУЛеса.

### Список литературы

1. Обливин А.Н., Прокофьев Н.С., Киприанов А.И. Процессы и аппараты химической технологии: Учебник. – М.: МГУЛ, 2002. – 656 с.: ил.
2. Обливин А.Н., Воскресенский А.К., Семенов Ю.П. Тепло- и массоперенос в производстве древесностружечных плит. – М.: Лесная пром-сть, 1978. – 192 с.
3. Уголев Б.Н., Лапшин Ю.Г., Кротов Е.В. Контроль напряжений при сушке древесины. – М.: Лесная пром-сть, 1980. – 208 с.
4. Обливин А.Н., Пожиток А.И. Теоретические основы теплообмена в капиллярно-пористых телах. Текст лекций для аспирантов. – М.: МЛТИ, 1984.
5. Фрейдин А.С., Вуба К.Т. Прогнозирование свойств клеевых соединений древесины. – М.: Лесная пром-сть, 1980. – 224 с.
6. Фрейдин А.С. Прочность и долговечность клеевых соединений. – М.: Химия, 1971.
7. Физико-химические основы процессов склеивания и прилипания / Н.И. Москвитин. – М.: Лесная пром-сть, 1974. – 192 с.
8. Хрулев В.М. Долговечность клееной древесины. – М., 1971.
9. Петухов Б.С. Теплообмен и сопротивление при ламинарном течении жидкости в трубах. – М., 1967. – 412 с.
10. Гухман А.А. Применение теории подобия к исследованию процессов тепло- и массообмена. – М., 1974. – 328 с.
11. Деформативность древесины и напряжения при сушке / Б.Н. Уголев – М.: Лесн. пром-сть, 1971. – 176 с.
12. Серговский П.С. Гидротермическая обработка и консервирование древесины. – М., 1975.
13. Шубин Г.С. Физические основы и расчет процессов сушки древесины. – М., 1973.
14. Обливин А.Н., Крылов Б.А. Исследование термических свойств древесностружечных плит в зависимости от плотности, влажности, температуры в гигроскопической области // Производство древесных пластиков и плит: Сб. науч. тр. ВНИИДрев Балобаново, 1975. – Вып. 9. – С. 37–40.
15. Чудинов Б.С. Теория тепловой обработки древесины. – М., 1968. – 256 с.
16. Гидротермическая обработка и консервирование древесины / П.С. Серговский. – М.: Лесная пром-сть, 1968. – С 448.
17. Романенко П.Н., Обливин А.Н., Семенов Ю.П. Теплопередача. – М., 1969. – 431 с.
18. Общая теплотехника / А.П. Баскаков, М.И. Гуревич, Н.И. Решетин, Н.Ф. Рысаков, Н.Б. Шалаев. – М. – Л.: Госэнергоиздат, 1962.
19. Шубин Г.С. Физические основы и расчет процессов сушки древесины. – М., 1973. – 248 с.
20. Семочкин Ю.А., Пашков Д.В. Технология ДСтП на лигносульфонатных связующих // Вестник Моск. гос. ун-т леса – Лесной вестник. – №5 (25). – 2002. – С. 181–189.
21. Сопряжение датчиков и устройств ввода данных с компьютерами IBM PC / Пер. с англ / Под ред. У. Томкинса, Дж. Уэбстера. – М.: Мир, 1992. – 592 с.

## ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ И ДОЛГОВЕЧНОСТИ ТЯГОВЫХ ЦЕПЕЙ ЗАБОЙНЫХ СКРЕБКОВЫХ КОНВЕЙЕРОВ

ВЭНЬЧЖЕ ЯН, *проф. Сианьского научно-технического ин-та, КНР, д-р техн. наук*

Передвижной скребковый конвейер является основным доставочным органом в очистных забоях. Несмотря на определенные успехи в создании конвейеров, тяговые органы остаются недостаточно надежными и долговечными. Практика эксплуатации показывает, что большая часть отказов приходится на цепной тяговый орган, причем, по данным ИГД им. А.А. Скочинского, основной вид отказа – разрушение соединительных звеньев. Соотношения разрывов основных и соединительных звеньев в среднем составляет 1:18; кроме того, звенья достигают своего предельного состояния вследствие износодеформационных явлений, приводящих к вытяжке и обуславливавших нарушения зацепления цепи со звездочкой.

Основной критерий эксплуатационной прочности соединительных звеньев цепи – разрушающая нагрузка, определяемая кратковременными испытаниями на разрыв. В зависимости от величины нагрузки звенья делятся на классы прочности (табл. 1).

До недавнего времени развитие цепей шло в направлении увеличения разрывного усилия. Несмотря на рост разрушающей нагрузки, надежность и долговечность цепного тягового органа остается недостаточной, поэтому необходимо разработать критерий, использование которого обеспечило бы выявление звеньев с низкой эксплуатационной прочностью и способствовало бы совершенствованию технологии их изготовления и упрочнения.

Практика эксплуатации тяговых цепей показала, что стандартные механические испытания соединительных звеньев не дают достоверной оценки долговечности и надежности тяговой цепи, находящейся в сложных условиях работы. Тяговая цепь работает в условиях длительного статического натяжения тягового усилия. Кроме того, в результате неравномерности хода тяговой цепи, определяемой приводными устройствами, звенья цепи испытывают переменные и изгибные нагрузки. В процессе работы возможно действие динамических нагрузок, возникающих вследствие обрушения на конвейер больших масс угля, заклинивания и заштыбовки цепи.

В настоящей работе рассматривается возможность оценки эксплуатационной прочности звеньев цепи по удельной мощности разрушения. Под удельной мощностью разрушения будем понимать удельную работу формоизменения звена при разрыве, отнесенную к единице времени. Работа формоизменения определяется величиной энергии, поглощаемой звеном и идущей на деформацию и разрушение:

$$A_{\phi} = P_p \Delta l,$$

где  $A_{\phi}$  – работа формоизменения звена;

$P_p$  – разрушающая нагрузка, определяемая ОСТом;

$\Delta l$  – удлинение звена в процессе испытания.

Т а б л и ц а 1

Размер цепи (калибр × шаг), мм	Класс прочности	Разрушающая нагрузка кН, не менее
18x64	С	370
	Д	430
24x86	С	650
	Д	730

Учет времени приложения разрушающей нагрузки  $\tau_p$  до разрыва звена при испытаниях позволяет определить удельную мощность разрушения  $N_p$ :

$$N_p = \frac{P_p \Delta l}{\tau_p}$$

Особенность выдерживать звеном нагрузку  $P_p$  в течение длительного времени характеризует способность материала данного структурного состояния накапливать энергию с сохранением функционального назначения детали. Чем больше это время, тем меньше удельная мощность разрушения, тем выше надежность и долговечность цепного тягового органа.

Эксперименты по определению удельной мощности разрушения были выполнены на универсальной испытательной установке ЦДМ-100ПУ. Использовался отрезок цепи, который состоял из круглозвенных звеньев, соединенных специальным звеном о помощью болтового соединения. Отрезок цепи устанавливался в призмы разрывной машины (рис.). Скорость приложения нагрузки на  $1 \text{ мм}^2$  площади поперечного сечения  $20 \text{ Н/с}$ . Удлинение звена определялось замером шага цепи до и после испытаний. Разрушающая нагрузка задавалась в соответствии с ОСТ 12.44.243–83. При испытаниях звеньев записывалась диаграмма нагрузка – удлинение. Исследовали отечественные звенья и звенья зарубежных фирм калибра  $18 \times 64$ , класса прочности Д (табл. 2).

Результаты испытаний соединительных звеньев, полученные при достоверности, не менее  $0,9$  со средней квадратической ошибкой по удлинению  $\pm 0,1 \text{ мм}$ , по времени  $\pm 1 \text{ с}$ , приведены в табл. 3.

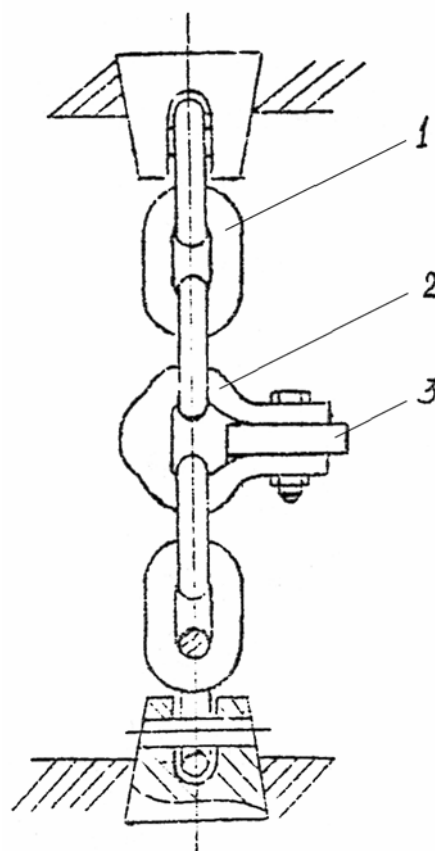


Рис. Отрезок цепи:  
1 – цепь круглозвенная;  
2 – соединительное звено;  
3 – отрезок скобка

Т а б л и ц а 2

Исследуемые звенья	Технологические особенности изготовления	Материал	Твердость HRC
Отечественные	Штамповка	35 ХГСА	38...47
Отечественные	Гибка	35 ХГСА	36...46
Отечественные	Упрочнение пробной нагрузкой	35 ХГСА	37...44
Англия	Гибка	0,37 % C; 1,15 % Si; 1,17 % Mn; 1,10 % Cr; 0,25 % Ni (35 ХГСА)	42...47
ФРГ	Гибка	0,24 % C; 0,17 % Si; 1,35 % Mn; 0,51 % Cr; 0,5 % Ni; 0,4 % Mo (25 ХГНМ)	34...40
Италия	Штамповка	0,22 % C; 0,18 % Si; 1,30 % Mn; 0,55 % Cr; 0,54 % Ni; 0,42 % Mo (20 ХГНМ)	36...41



Разрушающая нагрузка $R_p$ , кН	Удлинение $\Delta l$		Время $r_p$ , с	Работа формоизменения $A_{\phi}$ , кН м	Удельная мощность разрушения $N_p, \frac{eI}{\dot{n}}$	Место разрушения
	мм	м				
430	9,2	0,009	8	3,87	0,484	По кулаку
430	11,0	0,011	15	4,73	0,315	По изгибу
430	11,3	0,0133	30	4,86	0,165	–
430	11,2	0,0112	20	4,81	0,240	–
430	12,4	0,0124	28	5,33	0,190	–
430	14,6	0,0146	25	6,27	0,250	По кулаку

Как показал анализ результатов испытаний, у звеньев, изготовленных штамповкой, местом повышенной концентрации напряжений является кулак, где имеется разрушение волокнистости, что и объясняет разрушение их в данном месте. При изготовлении гибкой сохраняется: целостность волокон, и звенья преимущественно разрушаются по изгибу звена. Звенья зарубежных фирм, изготовленные из сталей с содержанием никеля и молибдена, обладают большей пластичностью и вязкостью и способны в течение длительного времени накапливать энергию и выдерживать нагрузку. Упрочнение пробной нагрузкой позволяет стабилизировать структуру материала и обеспечивает задержку движения дислокаций, что повышает способность звена сопротивляться внешним нагрузкам.

Проведенные исследования по определению удельной мощности разрушения звеньев различного изготовления показыва-

ют, что наивысшей эксплуатационной прочностью обладают звенья, изготовленные гибкой и упрочненные пробной нагрузкой.

### Выводы

1. Предлагается для оценки эксплуатационной прочности соединительных звеньев тяговой цепи использовать удельную мощность разрушения, определяемую длительностью нагружения при статических испытаниях.

2. Корректировка технологии изготовления и упрочнения соединительных звеньев в соответствии с критерием эксплуатационной прочности позволяет повысить надежность и долговечность тяговой цепи.

3. Повышение эксплуатационной прочности соединительных звеньев цепи достигается применением следующей технологии: гибка, термическая обработка и упрочнение пробной нагрузкой.

## МЕТОДИКА И ПРОГРАММЫ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ В ОБЛАСТИ ФИЗИКИ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

А.П. САВРУХИН, *проф. каф. физики МГУЛа,*

В предыдущих статьях [1–5] подробно изложена методика анализа реакций распада элементарных частиц, основанная на векторном представлении энергии частиц. Согласно предлагаемой модели энергия частицы состоит из двух ортогональных компонент: электромагнитной (ЭК) и сильной (СК), в прямоугольной системе координат, направленных вдоль осей ОХ и ОУ соответственно.

На примере реакций распада каона и пиона было сделан вывод о наличии гармонической пропорциональности в процессе деления энергии частицы при ее распаде. В настоящей работе анализируются 235 реакций распада на предмет обнаружения признаков золотого сечения, чтобы оценить степень распространенности найденного явления в микромире.

Принцип золотого сечения известен с глубокой древности [6], и это свидетельствует о заимствовании форм из окружающего мира, следовании природным образцам. Например, спиралевидны паутина и раковины моллюсков, рядки семян в корзине подсолнуха и чешуйки шишек, молекулы ДНК и листья на ветках деревьев. «Золотая» симметрия проявляется в пропорциях человеческого тела, в космических системах и генных структурах.

Число  $\Phi = 0,5(5^{0,5}-1) = 0,618\dots$  есть предел отношения смежных чисел ряда Фибоначчи и определение гармонического деления отрезка, золотого сечения, а  $0,2\pi$  есть угол, под которым видна сторона  $\Phi$  правильного вписанного десятиугольника. Известно также, что золотому сечению подчиняются не только линейные размеры, но и соотношения площадей и объемов.

Например, в пирамиде Хеопса  $\Phi = S1/S2 = S2/S3$ , где  $S1$  есть площадь основания;  $S2$  – всех боковых граней, а  $S3 = S1+S2$ . Однако в природе не существует абсолютных гармонии или хаоса, поэтому следует выяснять лишь то, в каких соотношениях они проявляются в микромире.

Приведем таблицу рассмотренных двухчастичных реакций, отобранных по данным PDG [7] (табл. 1).

Номера реакций, в которых известные погрешности определения масс меньше 0,1 промилле: 1, 2, 3, 12–14, 62, 64, 65, 67, 69, 78, 79, 93–96, 98, 990, 104–106, 111–114, 116, 184, 185, 187–189, 196–199, 203, 206. В табл. 2 приведены номера реакций и погрешность вычислений, взятая по погрешности в массе наихудшей из трех частиц реакции.

Схема распада на две частицы (рис. 1) предусматривает два направления: через точки 5, 6 или 5а, 6а. Введем обозначения:  $m$  – масса исходной частицы (0-4);  $e1$  – энергия первого фрагмента (0-3);  $e2$  – энергия второго фрагмента (3-4);  $m1$  – масса первого конечного продукта (0-6, 0-6а);  $m2$  – масса второго конечного продукта (4-5, 4-5а);  $p$  – импульс конечных продуктов (3-5, 3-5а, 3-6, 3-6а);  $e3$  – импульсная энергия (3-1);  $e4$  – ЭК для  $e1$ ;  $e5$  – ЭК для  $e3$ ;  $e6$  – СК для  $e1$  и  $e3$ ;  $\tau1$  – углы 3-0-6а и 3-0-6 между  $e1$  и  $m1$ ;  $\psi1a$  – угол 6а-0-1, фаза  $m1$  в нижнем положении;  $\zeta = \tau1 + \psi1a$  – начальная фаза частицы, угол 4-0-1;  $\psi1 = \zeta + \tau1$  – угол 6-0-3, фаза  $m1$  в верхнем положении;  $\zeta1 = 0,5\pi - \zeta$  – дополнительный угол 3-1-0;  $\tau2$  – углы 4-3-5 и 4-3-5а между  $e2$  и  $p$ ;  $\psi2a = \zeta - \tau2$  – угол 4-3-5а, фаза  $p$  в нижнем положении;  $\psi2 = \zeta + \tau2$  – угол 4-3-5. Далее вместо фразы «реакция номер 1, 2, ...» будем писать P1, P2... .

Т а б л и ц а 1

№	Реакция	№	Реакция	№	Реакция
1	$\pi-e\nu_e$	52	$D_s^{*+}-D_s^+\pi^0$	103	$\Delta(1232)^+-p^+\pi^0$
2	$\pi-\mu\nu$	53	$D_s^{*+}-D_s^+\gamma$	104	$\Lambda-n\gamma$
3	$\pi^0-(\mu-2e)\nu$	54	$D_{s1}(2536)^+-D^+K^0$	105	$\Lambda-p^+\pi^-$
4	$\eta-2\pi$	55	$D_{s1}(2573)^+-D^*(2007)^0K^+$	106	$\Lambda-n\pi^0$
5	$\eta-2\mu$	56	$B^+-D^-\pi^+$	107	$\Lambda(1405)-\Sigma^+\pi^-$
6	$\eta-2\gamma\pi^0$	57	$B^+-D^-* (2007)^0\rho^+$	108	$\Lambda(1520)-pK^-$
7	$\rho-2\pi$	58	$B^+-D^-* (2007)^0a_1(1260)^+$	109	$\Lambda(1520)-\Lambda\gamma$
8	$\rho-\pi\eta$	59	$B^+-D_s^+D^-$	110	$\Lambda(1520)-\Sigma^0\pi^0$
9	$\rho(744)-\eta\gamma$	60	$B^+-D_s^+D^-* (2007)^0$	111	$\Sigma^+-p\pi^0$
10	$\rho(744)-\eta\pi$	61	$B^+-D_s^+D^-* (2007)^0$	112	$\Sigma^+-p\gamma$
11	$\rho(744)-\pi\eta$	62	$B^+-J/\psi(1s)K^+$	113	$\Sigma^+-n\pi^+$
12	$K-\mu\nu$	63	$B^+-J/\psi(1s)K^*(892)^+$	114	$\Sigma^-n\pi^-$
13	$K-\pi\pi^0$	64	$B^0-J/\psi(1s)K^0$	115	$\Sigma(1385)^+-\Lambda\pi^+$
14	$K_s^0-2\pi$	65	$B^+-\psi(2s)K^+$	116	$\Sigma^0-\Lambda\gamma$
15	$K^*(892)^+-K^+\gamma$	66	$B^+-\psi(2s)K^*(892)^+$	117	$\Sigma(1385)^0-\Sigma^0\pi^0$
16	$K^*(892)^+-\pi^0K^+$	67	$B^+-\chi_{c1}(1p)K^+$	118	$\Sigma(1385)^--\Sigma^0\pi^-$
17	$K^*(892)^0-K^0\gamma$	68	$B^+-\chi_{c1}(1p)K^*(892)^+$	119	$\Xi^0-\Sigma^0\gamma$
18	$K^*(892)^0-K^0\pi^0$	69	$B_s^0-\psi(2s)\phi$	120	$\Xi^0-\Lambda\gamma$
19	$K_2^*(1430)^+-K^+\gamma$	70	$B_s^0-D_s^+\pi^+$	121	$\Xi^0-\Lambda\pi^0$
20	$K_2^*(1430)^+-K^+\eta$	71	$\eta_c(1s)-K^*(892)K^-(892)$	122	$\Xi-\Sigma\gamma$
21	$K_2^*(1430)^+-K^+\rho$	72	$\eta_c(1s)-\rho\rho$	123	$\Xi(1530)^0-\Xi^0\gamma$
22	$K_2^*(1430)^+-K^0\pi^+$	73	$\eta_c(1s)-\phi\phi$	124	$\Xi(1530)^--\Xi\gamma$
23	$K_2^*(1430)^0-K^0\gamma$	74	$\eta_c(1s)-pp^-$	125	$\Omega^--\Lambda K^-$
24	$K_2^*(1430)^+-K^*(892)^+\pi^0$	75	$J/\psi(1s)-a_2(1318)^-\rho^+$	126	$\Omega^--\Xi^0\pi^-$
25	$K_2^*(1430)^+-\pi^+K^*(892)^0$	76	$J/\psi(1s)-b_1(1235)^+\pi^-$	127	$\Omega^--\Xi\pi^0$
26	$K_2^*(1430)^0-\pi^0K^*(892)^0$	77	$J/\psi(1s)-\Delta^{++}(1232)\Delta^{--}(1232)$	128	$\Omega^--\Xi(1530)^0\pi^-$
27	$D^+-K^0\pi^+$	78	$J/\psi(1s)-\Sigma(1385)^+\Sigma(1385)^-$	129	$\Omega(2250)^--\Xi(1530)^0K^-$
28	$D^+-\pi^+K^0$	79	$J/\psi(1s)-\Sigma\Sigma^-$	130	$\Lambda_c-pK$
29	$D^+-K^0\rho^+$	80	$J/\psi(1s)-f_1(1285)\phi$	131	$\Lambda_c^+-pK^-(892)^0$
30	$D^+-\rho^+K^0$	81	$J/\psi(1s)-\eta(958)\phi$	132	$\Lambda_c^+-\Lambda\pi^+$
31	$D^+-K^0a_2(1318)^+$	82	$J/\psi(1s)-\Xi(1530)^-\Xi^+$	133	$\Lambda_c^+-\Sigma(1385)^+\eta$
32	$D^+-K^*(892)^0\pi^+$	83	$J/\psi(1s)-\Xi\Xi^-$	134	$\Lambda_c^+-\Sigma^+\eta$
33	$D^+-\pi^+K_1^-(1273)^0$	84	$J/\psi(1s)-\eta_c(1s)\gamma$	135	$\Lambda_c^+-\Xi^0K^+$
34	$D^+-K(1421)^0\pi^+$	85	$J/\psi(1s)-\eta(958)\gamma$	136	$\Lambda_c(2593)^+-\Sigma_c(2455)^{++}\pi^-$
35	$D^+-K^*(1680)\pi^+$	86	$J/\psi(1s)-f_4(2036)\gamma$	137	$\Lambda_c(2593)^+-\Lambda_c^+\pi^0$
36	$D^+-\eta\pi^+$	87	$J/\psi(1s)-f_1(1710)\gamma$	138	$\Lambda_c(2625)^+-\Sigma_c(2455)^{++}\pi^-$
37	$D^+-K^0K^+$	88	$J/\psi(1s)-f_1(1285)\gamma$	139	$\Lambda_c(2625)^+-\Lambda_c^+\pi^0$
38	$D^+-\pi^+\phi$	89	$J/\psi(1s)-f_2(1520)\gamma$	140	$\Lambda_c(2625)^+-\Lambda_c^+\gamma$
39	$D^+-\phi\pi^+$	90	$J/\psi(1s)-\eta(2220)\gamma$	141	$\Sigma_c(2455)^{++}-\Lambda_c^+\pi^+$
40	$D^+-K^*(892)^0K^*(892)^+$	91	$J/\psi(1s)-f_0(1507)\gamma$	142	$\Xi_c^+-\Sigma^+K^*(892)^0$
41	$D^+-\phi K^+$	92	$\chi_{c1}(1p)-J/\psi(1s)\gamma$	142	$\Xi_c^+-\Xi^0\pi^+$
42	$D^*(2007)-D^0\pi^0$	93	$\chi_{c1}(1p)-pp^-$	144	$\Xi_c^0-\Lambda K^0$
43	$D_1(2420)^0-D^*(2010)^+\pi^-$	94	$\chi_{c2}(1p)-pp^-$	145	$\Xi_c^0-\Xi\pi^+$
44	$D_2^*(2460)-D^+\pi^-$	95	$\chi_{c0}(1p)-J/\psi(1s)\gamma$	146	$\Xi_c^0-\Omega K^+$
45	$D_s^+-\mu^+\nu$	96	$\chi_{c2}(1p)-J/\psi(1s)\gamma$	147	$\Sigma_c(2515)^{++}-\Lambda_c^+\pi^+$
46	$D_s^+-K^+K^0$	97	$\psi(2s)-J/\psi(1s)\eta$	148	$\Sigma_c(2515)^+-\Lambda_c^+\pi^0$
47	$D_s^+-f_0(975)\pi^+$	98	$\psi(2s)-pp^-$	149	$\Sigma_c(2515)^0-\Lambda_c^+\pi^-$
48	$D_s^+-f_1(1710)\pi^+$	99	$\psi(2s)-\chi_{c0}(1p)\gamma$	150	$\Xi_c(2645)^+-\Xi_c^0\pi^+$
49	$D_s^+-K^*(892)^+K^*(892)^0$	100	$\psi(2s)-\eta_c(1s)\gamma$	151	$\Omega_c^0-\Omega^-\pi^+$
50	$D_s^+-\eta(958)\pi^+$	101	$\psi(3770)-DD^-$	152	$\Xi_c^+(2574.2)^+-\Xi_c^+\gamma$
51	$D_s^+-\eta(958)\rho^+$	102	$\psi(4040)-D^0D^-$	153	$\Lambda_b^0-\Lambda J/\psi(1s)$

№	Реакция	№	Реакция	№	Реакция
154	$\psi(4040) \rightarrow D^*(2007)^0 D^{*-}(2007)^0$	182	$B^+ \rightarrow D^0 D_s^+$	210	$\Xi^- \rightarrow \gamma \Sigma^-$
155	$\Lambda(1405) \rightarrow \Sigma^0 \pi^0$	183	$B^+ \rightarrow K^+ J/\psi(1s)$	211	$\Xi(1530)^0 \rightarrow \gamma \Xi^0$
156	$\Sigma(1385)^+ \rightarrow \Sigma^+ \pi^0$	184	$B^- \rightarrow \pi^- J/\psi(1s)$	212	$\Omega^- \rightarrow K^- \Lambda$
157	$\Sigma(1385)^0 \rightarrow \Lambda \pi^0$	185	$B^+ \rightarrow K^+ \psi(2s)$	213	$\Omega^- \rightarrow \pi^0 \Xi^-$
158	$\Sigma(1385)^0 \rightarrow \Sigma^+ \pi^-$	186	$B^+ \rightarrow K^*(892)^+ \psi(2s)$	214	$\Omega^- \rightarrow \pi^- \Xi(1530)^0$
159	$\Sigma(1385)^- \rightarrow \Sigma^- \pi^0$	187	$B^+ \rightarrow K^+ \chi_{c1}(1p)$	215	$\Omega(2250) \rightarrow K^- \Xi(1530)^0$
160	$\Xi^- \rightarrow \Lambda \pi^-$	188	$B^0 \rightarrow \phi \psi(2s)$	216	$\Lambda_c^+ \rightarrow K^-*(892)^0 p$
161	$\Xi(1530)^0 \rightarrow \Xi^0 \pi^0$	189	$B_s^0 \rightarrow \phi \psi(2s)$	217	$\Lambda_c^+ \rightarrow \pi^+ \Lambda$
162	$\Xi(1530)^- \rightarrow \Xi^- \pi^0$	190	$J/\psi(1s) \rightarrow \Xi^{*-}(1530)^-$	218	$\Lambda_c^+ \rightarrow \eta \Sigma(1385)^+$
163	$\Xi(1530)^- \rightarrow \gamma \Xi^-$	191	$J/\psi(1s) \rightarrow \phi \eta(958)$	219	$\Lambda_c^+ \rightarrow \Delta(1232)^+ K^-$
164	$\Lambda_c^+ \rightarrow n K^+$	192	$J/\psi(1s) \rightarrow \phi f_1(1285)$	220	$\Lambda_c^+ \rightarrow \phi p^+$
165	$\Lambda_c^+ \rightarrow p K^0$	193	$J/\psi(1s) \rightarrow \gamma \eta_c(1s)$	221	$\Lambda_c^+ \rightarrow \Lambda \pi^+$
166	$\Lambda_c^+ \rightarrow \phi p$	194	$J/\psi(1s) \rightarrow \gamma \eta(958)$	222	$\Lambda_c^+ \rightarrow \Delta(1232)^+ K^-$
167	$\Lambda_c^+ \rightarrow \Lambda p^+$	195	$J/\psi(1s) \rightarrow \gamma \eta(2225)$	223	$\Lambda_c^+ \rightarrow \Delta(1232)^+ K^*(892)^0$
168	$\Lambda_c^+ \rightarrow \Sigma^+ \pi^0$	196	$\chi_{c1}(1p) \rightarrow \gamma J/\psi(1s)$	224	$\Lambda_c^+ \rightarrow p f_0(980)$
169	$\Lambda_c^+ \rightarrow \Sigma^+ \phi$	197	$\chi_{c1}(1p) \rightarrow \gamma J/\psi(1s)$	225	$\Lambda_c^+ \rightarrow \pi^0 \Sigma^+$
170	$\Lambda_c^+ \rightarrow \Xi(1530)^0 K^+$	198	$\psi(2s) \rightarrow \gamma \chi_{c1}(1p)$	226	$\Lambda_c^+ \rightarrow K^+ \Xi(1530)^0$
171	$\Xi_c(2645)^0 \rightarrow \Xi_c^+ \pi^-$	199	$\psi(2s) \rightarrow \gamma \chi_{c2}(1p)$	227	$\Lambda_c(2593)^+ \rightarrow \pi^0 \Lambda_c^+$
172	$\Xi_c(2790)^0 \rightarrow \Xi_c^+ \pi^-$	200	$\Delta(1232) \rightarrow n \pi^0$	228	$\Lambda_c(2625)^+ \rightarrow \pi^0 \Lambda_c^+$
173	$K^*(892)^+ \rightarrow K^+ \pi^0$	201	$J/\psi(1s) \rightarrow \gamma f_1(1285)$	229	$\Xi_c^+ \rightarrow \pi^+ \Xi^0$
174	$K_2^*(1430)^- \rightarrow \pi^0 K^+$	202	$J/\psi(1s) \rightarrow \gamma f_0(1507)$	230	$\Xi_c^0 \rightarrow K^0 \Lambda$
175	$K_2^*(1430)^+ \rightarrow \pi^+ K^0$	203	$\psi(2s) \rightarrow \gamma \chi_{c0}(1p)$	231	$\Xi_c^0 \rightarrow \pi^+ \Xi^-$
176	$K_2^*(1430)^+ \rightarrow \pi^0 K^*(892)^+$	204	$\Delta(1232) \rightarrow \pi^0 n$	232	$\Xi_c^0 \rightarrow K^+ \Omega^-$
177	$D^+ \rightarrow K^0 \pi^+$	205	$\Lambda(1520) \rightarrow K^- p$	233	$\Omega_c^0 \rightarrow \pi^+ \Omega^-$
178	$D^+ \rightarrow a_2(1318)^+ K^0$	206	$\Sigma^0 \rightarrow \gamma \Lambda$	234	$\Xi_c^+ \rightarrow \gamma \Xi_c^+$
179	$D^+ \rightarrow K_1^-(1273)^0 \pi^+$	207	$\Sigma(1385)^+ \rightarrow \pi^0 \Sigma^+$	235	$\Xi_c(2790)^0 \rightarrow \pi^- \Xi_c^+$
180	$D_s^+ \rightarrow K^0 K^+$	208	$\Xi^0 \rightarrow \gamma \Sigma^0$		
181	$B^+ \rightarrow \rho^+ D^*(2007)^0$	209	$\Xi^0 \rightarrow \gamma \Lambda$		

Используя известные релятивистские соотношения

$$p = \left[ m^2 - (m_1 + m_2)^2 \right] \cdot \left[ m^2 - (m_1 - m_2)^2 \right]^{0.5} \cdot 0,5 \cdot m^{-1};$$

$$e1 = (m^2 - m_2^2 + m_1^2) \cdot 0,5 \cdot m^{-1}, e2 = m - e1,$$

найдем величины остальных параметров:

$$e3 = \sqrt{m^2 - e1^2}; \quad e4 = e1^2 \cdot m^{-1}; \quad e5 = e3 \sin(\zeta);$$

$$e6 = e1 \sin(\zeta); \quad e7 = m - e3; \quad \zeta = a \cdot \cos(e1 \cdot m^{-1});$$

$$\zeta1 = 0,5\pi - \zeta.$$

Выделим реакции, в которых отсутствует одна из ортогональных компонент (СК, ЭК) в продуктах распада, то есть у векторов  $m1, m2$ . Например, как показано на рис. 2, в P4 наблюдается горизонтальное расположение векторов  $m1$  и  $m2$ . Это означает, что частицы, рождающиеся в реакции распада исходной частицы, являются ортогональными (далее это слово опускается)

компонентами соответствующих энергий  $e1$  и  $e2$ , а их энергия заключена в энергии поля только одного вида. Относительную погрешность  $\delta$  выразим в промилле (0,001 %).

Перечислим реакции типа Pa, в которых вектор  $m1$  горизонтален ( $\delta < 1$ ) и не имеет сильной компоненты;  $p$  – вертикален, а  $\delta = (1 - \cos(\psi1a))10^3$ : 4, 25, 26, 27, 33, 36, 37, 46, 72, 85, 93, 94, 98, 176, 177, 180, 193, 198, 199, 234. При  $\delta < 10$  % количество реакций равно 47.

Перечислим реакции типа Pb, в которых вектор  $m2$  горизонтален ( $\delta < 1$  %) и не имеет сильной компоненты;  $p$  – вертикален, а  $\delta = (1 - \sin(\psi2))10^3$ : 4, 10, 28, 37, 46, 52, 58, 72, 75, 93, 98, 134, 146, 170, 180. При  $\delta < 10$  % количество реакций равно 37.

Т а б л и ц а 2

4	0,22
5	0,22
6	0,22
7	1,1
8	1,1
9	1,1
10	1,1
11	1,1
15	0,27
16	0,27
17	0,31
18	0,31
19	0,95
20	0,95
21	0,95
22	0,95
23	0,91
24	0,95
25	0,95
26	0,91
27	0,27
28	0,27
29	1,1
30	1,1
31	0,45
32	0,27
33	5,5
34	5,5
35	16
36	0,27
37	0,27
38	0,27
39	0,27
40	0,31
41	0,27
42	0,25
43	0,25
44	0,81
45	0,3
46	0,3
47	10

48	3,5
49	0,31
50	0,3
51	0,33
52	0,33
53	0,33
54	0,27
55	0,66
56	0,27
57	1,1
58	5
59	0,33
60	0,33
61	0,33
63	0,27
66	0,27
68	0,27
70	0,27
71	0,27
72	1,1
73	0,5
74	0,45
75	0,45
76	2,6
77	1,6
80	0,47
81	0,15
82	0,39
83	0,21
84	0,5
85	0,15
86	3,9
87	3,5
88	0,47
89	3,3
90	5
91	3,3
97	0,22
98	0
99	0
100	0,5

101	0,27
102	0,27
103	1,6
107	2,84
108	0,66
109	0,66
110	0,66
115	0,29
117	0,72
118	0,29
119	0,21
120	0,21
121	0,21
122	0,39
123	0,46
124	0,39
125	0,17
126	0,21
127	0,39
128	0,21
129	0,27
130	0,26
131	0,31
132	0,26
133	0,29
134	0,26
135	0,46
136	0,38
137	0,38
138	0,38
139	0,3
140	0,3
141	0,26
142	0,57
143	0,57
144	0,73
145	0,73
146	0,73
147	0,59
148	0,95
149	0,56

150	0,75
151	1,48
152	1,28
153	1,6
154	2,47
155	2,84
156	0,29
157	0,72
158	0,72
159	0,29
160	0,39
161	0,46
162	0,39
163	0,39
164	0,26
165	0,26
166	0,26
167	1,1
168	0,26
169	0,26
170	0,26
171	0,68
172	1,25
173	0,27
174	0,95
175	0,95
176	0,95
177	0,27
178	0,45
179	5,5
180	0,33
181	1,1
182	0,33
186	0,27
190	0,39
191	0,15
192	0,47
193	0,5
194	0,15
195	1
200	1,6

Перечислим реакции типа Pс (на рис. 3 дана схема реакции P50), в которых вектор  $m1$  вертикален ( $\delta < 1 \text{ ‰}$ ) и не имеет электромагнитной компоненты;  $p$  – горизонтален, а  $\delta = (1 - \sin(\psi1)) 10^3$ : 32, 47, 50, 83, 89, 91, 132, 166, 220, 221. При  $\delta < 10 \text{ ‰}$  количество реакций равно 35.

Перечислим реакции типа Pd (на рис. 4 дана схема реакции P8), в которых вектор  $m2$  вертикален ( $\delta < 1 \text{ ‰}$ ) и не имеет электромагнитной компоненты;  $p$  – горизонтален,

а  $\delta = (1 - \cos(\psi2a))10^3$ : 8, 11, 21, 51, 69, 83, 111, 113, 114, 115, 137, 146, 163, 166, 170, 186, 188, 189, 193, 196, 197, 198, 199, 203, 204, 206-211, 213, 215, 218, 220, 226, 228, 232, 234, 235. При  $\delta < 10 \text{ ‰}$  количество реакций равно 73.

Реакции типа Pab с номерами 4, 37, 46, 72, 93, 98, 180, общими для Pa и Pb, протекают по схеме  $m1 = m2$  или  $m1 = m2 + \delta$  при малых  $\delta$  (условный критерий здесь  $\delta < 1 \text{ ‰}$ , то есть  $(m1 - m2)/m1 < 0,001$ ).

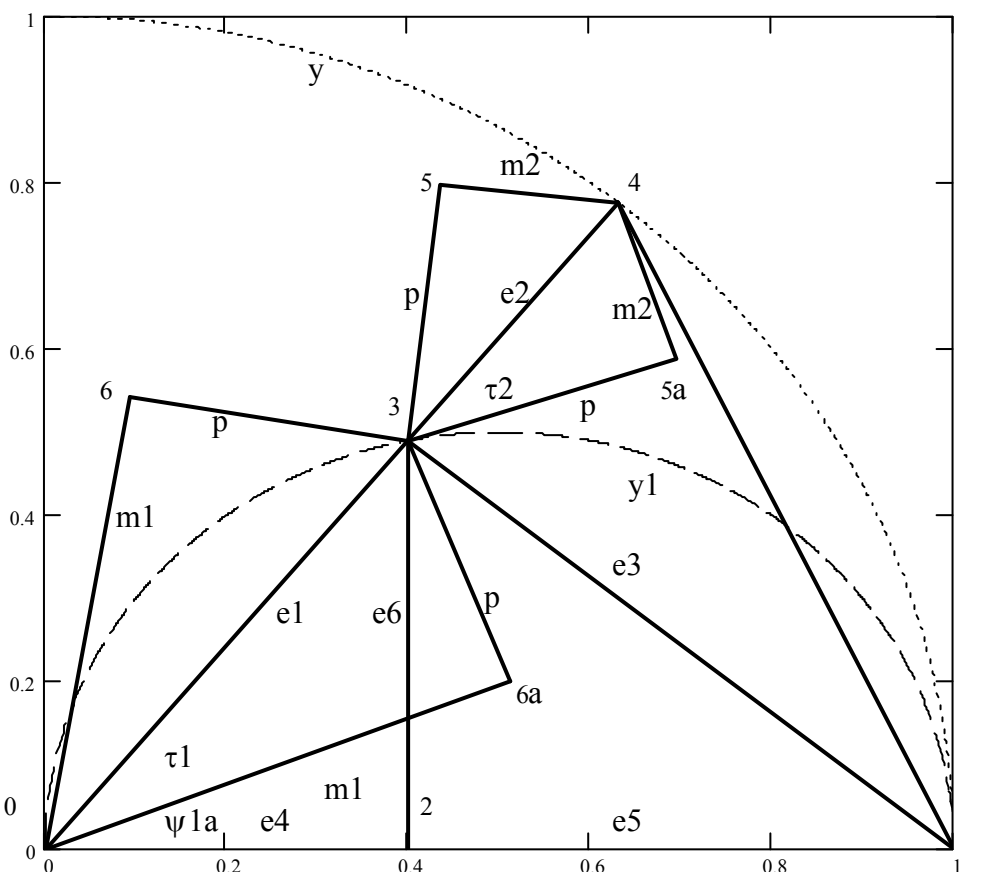


Рис. 1. Схема двухчастичного распада в обе стороны

Перечислим несколько реакций типа  $Pe$  (на рис. 5 дана схема реакции  $P5$ ), в которых  $m1 = m2$  или  $m1 = m2 + \delta$  при малых  $\delta$ ,  $e1 = e2 = 0,5m$ ;  $e3 = 0,5 \cdot 3^{0,5}m$ ;  $e4 = 0,25m$ ;  $e5 = 0,75m$ ;  $e6 = 0,25 \cdot 3^{0,5}m$ ;  $\zeta = \pi/3$ ;  $\zeta1 = \pi/6$ : 1, 4, 5, 7, 14, 37, 40, 49, 71-74, 77, 78, 79, 83, 93, 94 (всего 23). Для этих реакций выполняется соотношение:  $\cos(\zeta1)/\cos\varphi_{11} = 1,00096$ .

В качестве примера применения предложенной методики рассмотрим реакцию  $P2$  распада пиона на нейтрино и мюон. На рис. 6, кроме следов распада, проведена линия  $0-7$  под углом  $\angle 7-0-1 = 0,2\pi$ , длина вертикали  $7-1$  равна  $\tan(0,2\pi) = \sqrt[4]{5\Phi}^{1,5} = 0,726543$ . Длина хорды  $8-1$  будет равна  $2\sin(0,1\pi) = \Phi$ , а дуга такого радиуса пересекает полуокружность  $y1$  в точке 3, являющейся точкой касания прямой  $0-4$  этой дуги. Ранее [1-5] было показано, что  $\cos(0,2\pi) = 0,5\Phi^{-1}$ , а косинус угла  $\angle 4-0-1$  равен  $(2\cos(0,2\pi) - 1)^{0,5} = \Phi^{0,5}$ . Следующее рекур-

рентное выражение определяет углы, продолжающие эту последовательность:  $\varphi_j = 2a \sin(0,5\sin(\varphi_{j-1}))$ .

Табл. 3 дает несколько первых значений этих косинусов.

Т а б л и ц а 3

1	0,350744
2	0,561511
3	0,657647
4	0,716250
5	0,756507
6	0,786151
7	0,809017
8	0,827254
9	0,842175
10	0,854629
11	0,865196
12	0,874282
13	0,882184
14	0,889124
15	0,895271
16	0,900755
17	0,905680
18	0,910128

19	0,914167
20	0,917850
21	0,921225
22	0,924327
23	0,927191
24	0,929841
25	0,932302
26	0,934594
27	0,936733
28	0,938734
29	0,940611
30	0,942374
31	0,944035
32	0,945601
33	0,947080
34	0,948481
35	0,949808
36	0,951067

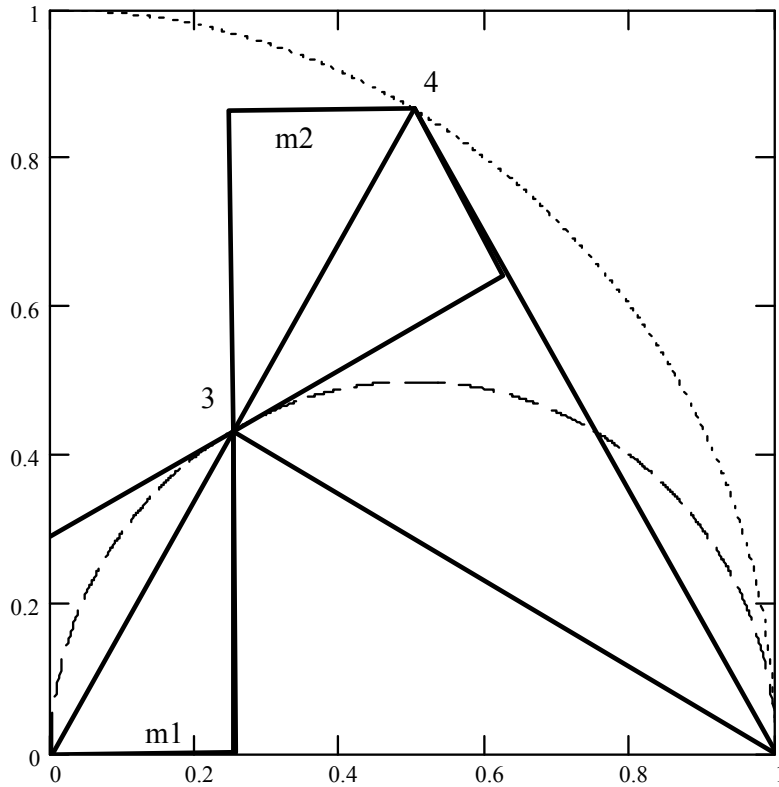


Рис. 2. Реакции с горизонтальным расположением векторов  $m_1$  и  $m_2$

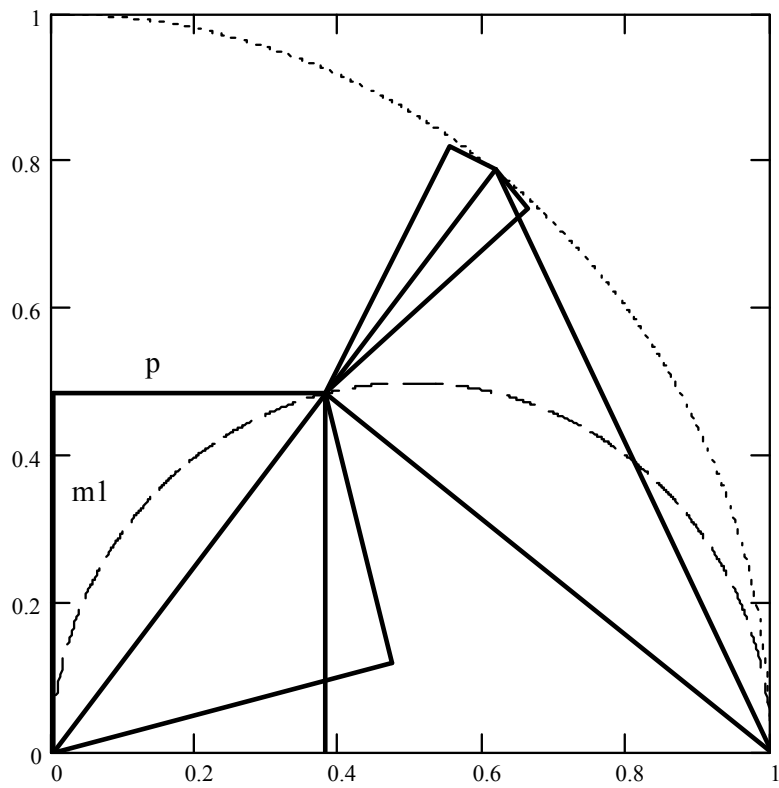


Рис. 3. Реакции с вертикальным расположением вектора  $m_1$

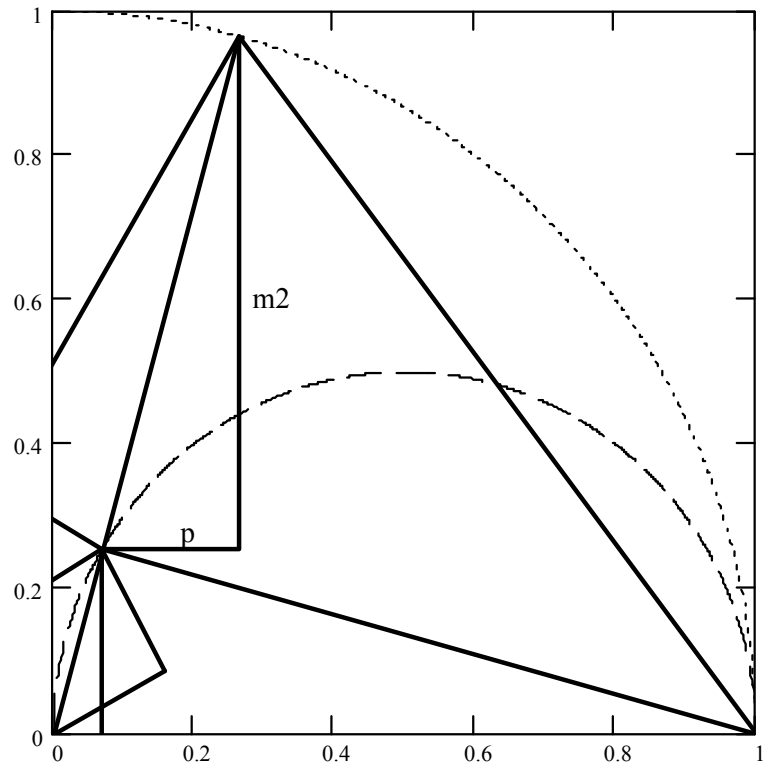


Рис. 4. Реакции с вертикальным расположением вектора  $m_2$

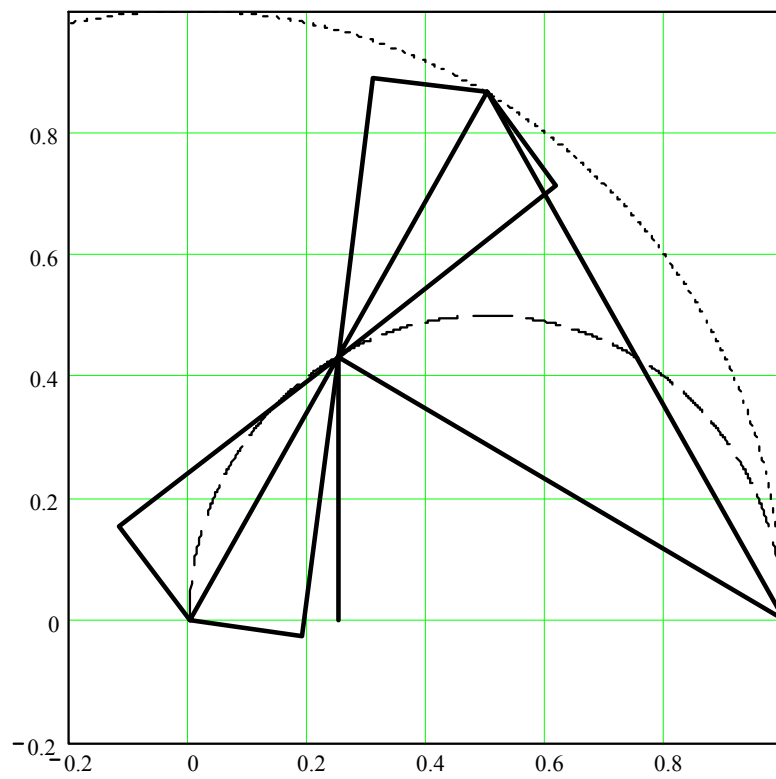


Рис. 5. Реакция распада на две частицы с равными массами



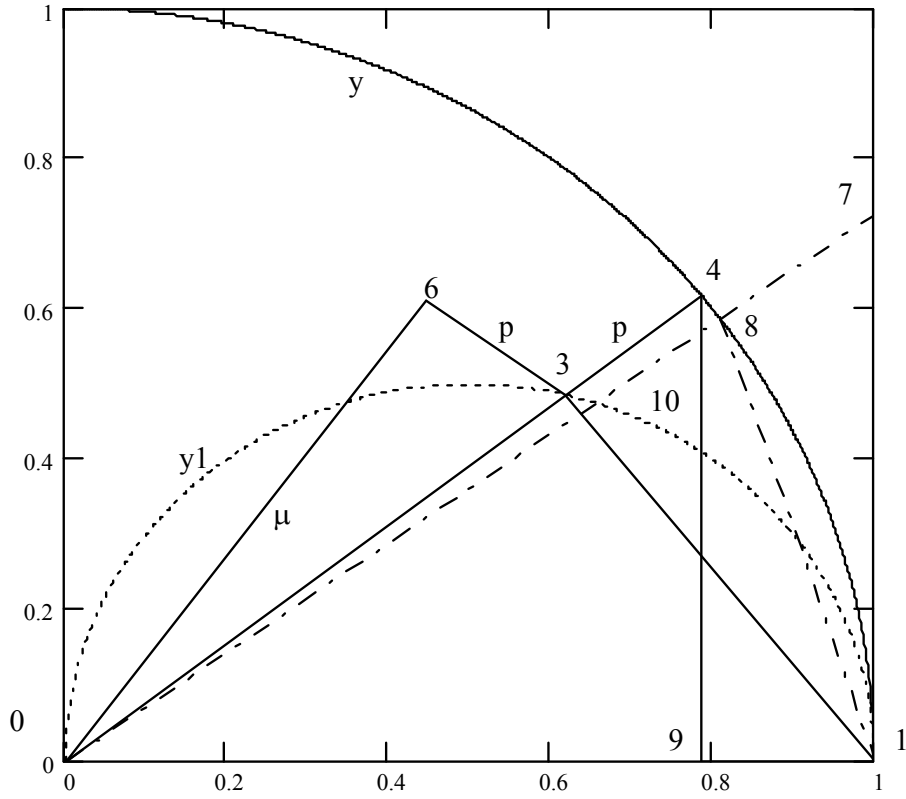


Рис. 6. Схема распада пиона

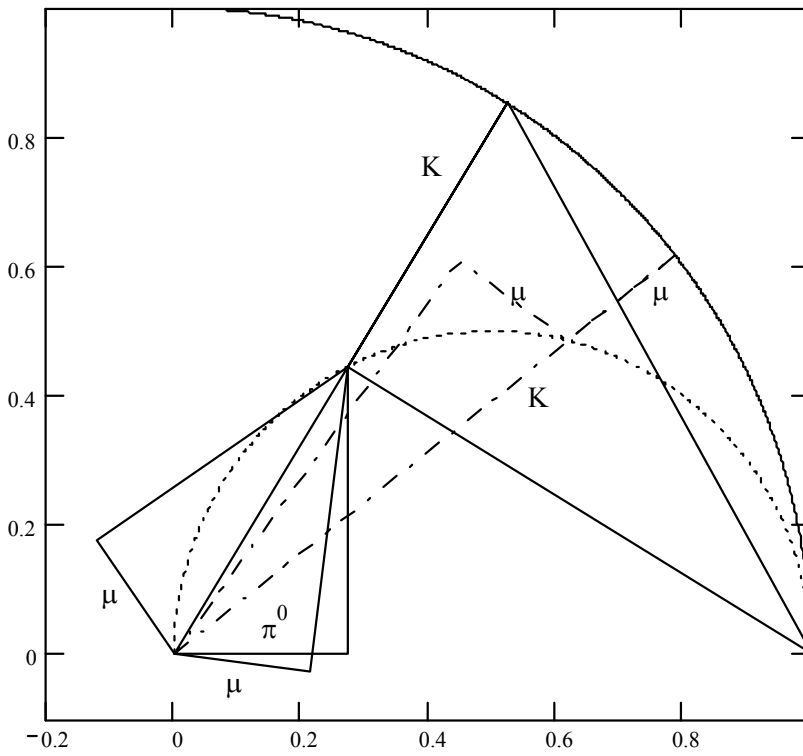


Рис. 7. Мюонные распады каона

Т а б л и ц а 4

$r :=$	$\begin{pmatrix} m_n \\ m1_n \\ m2_n \\ p_n \\ e1_n \\ e2_n \\ e3_n \\ e4_n \\ e5_n \\ e6_n \\ e7_n \\ x6_n \\ y6_n \\ x6a_n \\ y6a_n \\ x5_n \\ y5_n \\ x5a_n \\ y5a_n \end{pmatrix}$	$r =$	<table border="1"> <tr><td></td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>493,677</td></tr> <tr><td>2</td><td>105,658</td></tr> <tr><td>3</td><td>0,000</td></tr> <tr><td>4</td><td>235,532</td></tr> <tr><td>5</td><td>258,145</td></tr> <tr><td>6</td><td>235,532</td></tr> <tr><td>7</td><td>420,806</td></tr> <tr><td>8</td><td>134,985</td></tr> <tr><td>9</td><td>358,692</td></tr> <tr><td>10</td><td>220,041</td></tr> <tr><td>11</td><td>72,871</td></tr> <tr><td>12</td><td>-59,560</td></tr> <tr><td>13</td><td>87,271</td></tr> <tr><td>14</td><td>104,786</td></tr> <tr><td>15</td><td>-13,547</td></tr> <tr><td>16</td><td>258,145</td></tr> <tr><td>17</td><td>420,806</td></tr> <tr><td>18</td><td>258,145</td></tr> <tr><td>19</td><td>420,806</td></tr> </table>		1	1	493,677	2	105,658	3	0,000	4	235,532	5	258,145	6	235,532	7	420,806	8	134,985	9	358,692	10	220,041	11	72,871	12	-59,560	13	87,271	14	104,786	15	-13,547	16	258,145	17	420,806	18	258,145	19	420,806	$\frac{r}{m_n} =$	<table border="1"> <tr><td></td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>2</td><td>0,214</td></tr> <tr><td>3</td><td>0</td></tr> <tr><td>4</td><td>0,4771</td></tr> <tr><td>5</td><td>0,5229</td></tr> <tr><td>6</td><td>0,4771</td></tr> <tr><td>7</td><td>0,8524</td></tr> <tr><td>8</td><td>0,2734</td></tr> <tr><td>9</td><td>0,7266</td></tr> <tr><td>10</td><td>0,4457</td></tr> <tr><td>11</td><td>0,1476</td></tr> <tr><td>12</td><td>0,1206</td></tr> <tr><td>13</td><td>0,1768</td></tr> <tr><td>14</td><td>0,2123</td></tr> <tr><td>15</td><td>0,0274</td></tr> <tr><td>16</td><td>0,5229</td></tr> <tr><td>17</td><td>0,8524</td></tr> <tr><td>18</td><td>0,5229</td></tr> <tr><td>19</td><td>0,8524</td></tr> </table>		1	1	1	2	0,214	3	0	4	0,4771	5	0,5229	6	0,4771	7	0,8524	8	0,2734	9	0,7266	10	0,4457	11	0,1476	12	0,1206	13	0,1768	14	0,2123	15	0,0274	16	0,5229	17	0,8524	18	0,5229	19	0,8524	$q :=$	$\begin{pmatrix} \sin(\zeta)_n \\ \cos(\zeta)_n \\ \tan(\zeta)_n \\ \sin(\zeta1)_n \\ \cos(\zeta1)_n \\ \tan(\zeta1)_n \\ \sin(\varrho)_n \\ \cos(\varrho)_n \\ \tan(\varrho)_n \\ \sin(\tau1)_n \\ \cos(\tau1)_n \\ \tan(\tau1)_n \\ \sin(\tau2)_n \\ \cos(\tau2)_n \\ \tan(\tau2)_n \\ \sin(\psi1)_n \\ \cos(\psi1)_n \\ \tan(\psi1)_n \\ \sin(\psi1a)_n \\ \cos(\psi1a)_n \\ \tan(\psi1a)_n \\ \sin(\psi2)_n \\ \cos(\psi2)_n \\ \tan(\psi2)_n \\ \sin(\psi2a)_n \\ \cos(\psi2a)_n \\ \tan(\psi2a)_n \end{pmatrix}$	$q =$	<table border="1"> <tr><td></td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0,852392</td></tr> <tr><td>2</td><td>0,522903</td></tr> <tr><td>3</td><td>1,630116</td></tr> <tr><td>4</td><td>0,522903</td></tr> <tr><td>5</td><td>0,852392</td></tr> <tr><td>6</td><td>0,613453</td></tr> <tr><td>7</td><td>0,872612</td></tr> <tr><td>8</td><td>0,488414</td></tr> <tr><td>9</td><td>1,786622</td></tr> <tr><td>10</td><td>0,912401</td></tr> <tr><td>11</td><td>0,409297</td></tr> <tr><td>12</td><td>2,229191</td></tr> <tr><td>13</td><td>0</td></tr> <tr><td>14</td><td>1</td></tr> <tr><td>15</td><td>0</td></tr> <tr><td>16</td><td>0,825979</td></tr> <tr><td>17</td><td>0,563701</td></tr> <tr><td>18</td><td>1,465277</td></tr> <tr><td>19</td><td>0,128216</td></tr> <tr><td>20</td><td>0,991746</td></tr> <tr><td>21</td><td>0,129283</td></tr> <tr><td>22</td><td>0,852392</td></tr> <tr><td>23</td><td>0,522903</td></tr> <tr><td>24</td><td>1,630116</td></tr> <tr><td>25</td><td>0,852392</td></tr> <tr><td>26</td><td>0,522903</td></tr> <tr><td>27</td><td>1,630116</td></tr> </table>		1	1	0,852392	2	0,522903	3	1,630116	4	0,522903	5	0,852392	6	0,613453	7	0,872612	8	0,488414	9	1,786622	10	0,912401	11	0,409297	12	2,229191	13	0	14	1	15	0	16	0,825979	17	0,563701	18	1,465277	19	0,128216	20	0,991746	21	0,129283	22	0,852392	23	0,522903	24	1,630116	25	0,852392	26	0,522903	27	1,630116
				1																																																																																																																																													
			1	493,677																																																																																																																																													
			2	105,658																																																																																																																																													
			3	0,000																																																																																																																																													
			4	235,532																																																																																																																																													
			5	258,145																																																																																																																																													
			6	235,532																																																																																																																																													
			7	420,806																																																																																																																																													
			8	134,985																																																																																																																																													
			9	358,692																																																																																																																																													
			10	220,041																																																																																																																																													
			11	72,871																																																																																																																																													
			12	-59,560																																																																																																																																													
			13	87,271																																																																																																																																													
			14	104,786																																																																																																																																													
			15	-13,547																																																																																																																																													
			16	258,145																																																																																																																																													
			17	420,806																																																																																																																																													
18	258,145																																																																																																																																																
19	420,806																																																																																																																																																
	1																																																																																																																																																
1	1																																																																																																																																																
2	0,214																																																																																																																																																
3	0																																																																																																																																																
4	0,4771																																																																																																																																																
5	0,5229																																																																																																																																																
6	0,4771																																																																																																																																																
7	0,8524																																																																																																																																																
8	0,2734																																																																																																																																																
9	0,7266																																																																																																																																																
10	0,4457																																																																																																																																																
11	0,1476																																																																																																																																																
12	0,1206																																																																																																																																																
13	0,1768																																																																																																																																																
14	0,2123																																																																																																																																																
15	0,0274																																																																																																																																																
16	0,5229																																																																																																																																																
17	0,8524																																																																																																																																																
18	0,5229																																																																																																																																																
19	0,8524																																																																																																																																																
	1																																																																																																																																																
1	0,852392																																																																																																																																																
2	0,522903																																																																																																																																																
3	1,630116																																																																																																																																																
4	0,522903																																																																																																																																																
5	0,852392																																																																																																																																																
6	0,613453																																																																																																																																																
7	0,872612																																																																																																																																																
8	0,488414																																																																																																																																																
9	1,786622																																																																																																																																																
10	0,912401																																																																																																																																																
11	0,409297																																																																																																																																																
12	2,229191																																																																																																																																																
13	0																																																																																																																																																
14	1																																																																																																																																																
15	0																																																																																																																																																
16	0,825979																																																																																																																																																
17	0,563701																																																																																																																																																
18	1,465277																																																																																																																																																
19	0,128216																																																																																																																																																
20	0,991746																																																																																																																																																
21	0,129283																																																																																																																																																
22	0,852392																																																																																																																																																
23	0,522903																																																																																																																																																
24	1,630116																																																																																																																																																
25	0,852392																																																																																																																																																
26	0,522903																																																																																																																																																
27	1,630116																																																																																																																																																

Например, по нашей классификации предпочтительных исходных фаз распадающихся частиц,  $\varphi_7 = 0,2\pi$ .

По результатам расчета получим:

$$\frac{e1_2}{m_2} = 0,786544 = \sqrt{\Phi}, \quad (\delta = 0,5 \text{ \%}), \quad \zeta = \varphi_6,$$

$$\frac{p_2}{m_2} = 0,213456 = 1 - \sqrt{\Phi},$$

$$\frac{\mu}{\pi} = \frac{m1_2}{m_2} = 0,757025 = \sqrt{2 \cdot \sqrt{\Phi} - 1}, \quad (\delta = 0,68 \text{ \%}).$$

Индекс 2 (при  $e1, m \dots$ ) здесь и далее определяет номер реакции. Поскольку треугольники 0-4-9 и 0-3-1 равны,  $e1 = 0-3 = 4-9 = \Phi^{0,5}m$  есть ЭК<sub>49</sub> пиона в положении 0-4, а  $e3 = 3-1 = 0-9 = \Phi m$  есть СК<sub>09</sub> пиона. Так как  $\Phi = СК/m$ ,  $\Phi = СК^2/ЭК^2 = ЭК^2/m^2$ , а) имеет место золотое сечение как для энергий, так и для их квадратов, в) отношение масс мюона и пиона определяется величинами, производными от правила золотого сечения. Энергия  $E_\pi \Phi$  является золотым сечением

энергии пиона; она равна длине стороны правильного десятиугольника, вписанного в окружность радиуса  $E_\pi$ ; она равна импульсу, необходимому для перехода частицы  $\pi\mu$  с энергией  $E_\pi \cdot \sqrt{\Phi}$  на уровень с энергией  $E_\pi$ ; она равна электромагнитной компоненте частицы  $\pi\mu$ , она есть сильная компонента энергии пиона, обладающего фазой  $\varphi = a \cos(\sqrt{\Phi}) = a \cos(\sqrt{2 \cdot \sin(0,1\pi)})$ . При этом условия масса мюона равна

$$E_\mu = E_\pi \cdot \sqrt{2\sqrt{\Phi} - 1} = 105,586 \text{ MeV}.$$

Перечень реакций  $P\pi$ , в которых выполняется условие  $e1/m = \Phi^{0,5}$ : 2, 34, 44, 55, 103, 200; или  $e3/m = \Phi^{0,5}$ : 91, 132, 221.

Рассмотрим реакцию P12 распада каона на нейтрино и мюон. В табл. 4 вектор  $r$  содержит результаты расчетов в абсолютных единицах МэВ, вектор  $r/m_n$  – в относительных, вектор  $q$  определяет значения углов и их тригонометрических функций.

Т а б л и ц а 5

№	Имя	Масса	№	Имя	Масса	№	Имя	Масса
v1	$\mu$	105,658	v23	$K_1(1400)$	1402,000	v45	$\phi_1(1850)$	1854,000
v2	$\pi^0$	134,977	v24	$K_0^*(1410)$	1412,000	v46	$D^0$	1864,500
v3	$\pi$	139,570	v25	$K^*(1414)$	1414,000	v47	$D^+$	1869,300
v4	$K$	493,677	v26	$\omega(1420)$	1419,000	v48	$D_s$	1968,500
v5	$K^0$	497,672	v27	$K_2^*(1425)$	1425,600	v49	$D^*(2007)^0$	2006,700
v6	$n$	547,300	v28	$f_1(1420)$	1426,000	v50	$D^*(2007)^+$	2010,000
v7	$\rho$	771,100	v29	$K_2^*(1425)^0$	1432,400	v51	$f_2(2010)$	2011,000
v8	$\omega(782)$	782,570	v30	$\rho(1465)$	1465,000	v52	$a_4(2010)$	2011,000
v9	$K^*(892)^+$	891,660	v31	$\rho(1475)$	1474,000	v53	$f_4(2050)$	2025,000
v10	$K^*(892)^0$	896,100	v32	$f_0(1507)$	1507,000	v54	$K_4^*(2045)$	2045,000
v11	$\eta(958)$	957,780	v33	$f_1(1525)$	1525,000	v55	$D_s^{*+}$	2112,400
v12	$f_0(980)$	980,000	v34	$\omega(1649)$	1649,000	v56	$f_2(2300)$	2297,000
v13	$a_0(980)$	984,700	v35	$\omega_3(1670)$	1667,000	v57	$f_2(2340)$	2339,000
v14	$\phi(1020)$	1019,456	v36	$\phi(1680)$	1680,000	v58	$D_1(2420)_0$	2422,200
v15	$h_1(1179)$	1170,000	v37	$\rho_3(1690)$	1691,000	v59	$D_2^*(2460)^+$	2459,000
v16	$b_1(1230)$	1230,000	v38	$\rho(1700)$	1700,000	v60	$D_{s1}(2536)^+$	2535,350
v17	$K_1(1270)$	1273,000	v39	$f_1(1710)$	1713,000	v61	$D_{s1}(2573)$	2572,400
v18	$f_2(1270)$	1275,400	v40	$K^*(1717)$	1717,000	v62	$B^+$	5279,000
v19	$f_1(1285)$	1281,900	v41	$K_2(1770)$	1773,000	v63	$B^0$	5279,400
v20	$\eta(1295)$	1293,000	v42	$K_3^*(1780)$	1777,000	v64	$B^+$	5325,000
v21	$\pi(1300)$	1300,000	v43	$\pi(1800)$	1801,000	v65	$B_s^0$	5369,300
v22	$a_2(1320)$	1318,000	v44	$K_2(1820)$	1813,000			

Т а б л и ц а 6

№	Имя	Масса	№	Имя	Масса	№	Имя	Масса
b1	p	938,272	b58	$\Omega^-$	2252,000	b78	$\Omega_c^0$	2697,500
b2	n	939,565	b59	$\Lambda_c^+$	2284,900	b80	$\Xi_c^+$	2790,000
b3	$\Lambda$	1115,683	b60	N	2310,000	b81	$\Xi_c^+$	2814,900
b4	$\Sigma^+$	1189,370	b62	$\Sigma_c^+$	2451,300	b82	$\Xi_c^0$	2819,000
b5	$\Sigma^0$	1192,642	b63	$\Sigma_c^0$	2452,200	b83	$\eta_c$	2979,700
b6	$\Sigma^-$	1197,449	b64	$\Sigma_c^{++}$	2452,600	b84	J/\psi	3096,870
b7	$\Delta$	1232,000	b65	$\Xi_c^+$	2466,300	b85	$\chi_{c0}$	3415,100
b8	$\Xi^0$	1314,830	b66	$\Xi_c^0$	2471,800	b86	$\chi_{c1}$	3510,510
b9	$\Xi^-$	1321,310	b67	$\Sigma_c^+$	2515,900	b87	$\chi_{c2}$	3556,180
b10	$\Sigma^+$	1382,800	b68	$\Sigma_c^0$	2517,500	b88	$\psi_{2s}$	3685,960
b11	$\Sigma^0$	1383,700	b69	$\Sigma_c^{++}$	2519,400	b89	$\psi$	3769,900
b12	$\Sigma^-$	1387,200	b71	$\Xi_c^+$	2574,100	b90	$\psi$	4040,000
b13	$\Lambda$	1406,000	b72	$\Xi_c^0$	2578,800	b91	$\psi$	4159,000
b15	$\Lambda$	1520,000	b73	$\Lambda_c^+$	2593,900	b92	$\psi$	4414,000
b16	$\Xi^0$	1531,800	b75	$\Lambda_c^+$	2626,600	b93	$\Lambda_b^0$	5624,000
b17	$\Xi^-$	1535,000	b76	$\Xi_c^0$	2644,500			
b27	$\Omega^-$	1672,450	b77	$\Xi_c^+$	2647,400			

1	2	3	4	1	2	3	4
1	139,570	0,511	0,000	55	2572,400	2006,700	493,677
2	139,570	105,658	0,000	56	5279,000	1864,500	139,570
3	134,977	104,636	0,000	57	5279,000	2006,700	771,100
4	547,300	139,570	139,570	58	5279,000	2006,700	1260,000
5	547,300	105,658	105,658	59	5279,000	1968,500	1864,500
6	547,300	134,977	0,000	60	5279,000	1968,500	2006,700
7	771,100	139,570	139,570	61	5279,000	2112,400	2006,700
8	771,100	139,570	547,300	62	5279,000	3096,870	493,677
9	744,710	547,300	0,000	63	5279,000	3096,870	891,660
10	744,710	547,300	139,570	64	5279,000	3096,870	497,672
11	744,710	139,570	547,300	65	5279,000	3685,960	493,677
12	493,677	105,658	0,000	66	5279,000	3685,960	891,660
13	493,677	139,570	134,977	67	5279,000	3510,510	493,677
14	497,672	139,570	139,570	68	5279,000	3510,510	891,660
15	891,660	493,677	0,000	69	5369,300	3685,960	1019,456
16	891,660	134,977	493,677	70	5369,300	1968,500	139,570
17	896,100	497,672	0,000	71	2979,700	891,660	891,660
18	896,100	497,672	134,977	72	2979,700	745,000	745,000
19	1425,600	493,677	0,000	73	2979,700	1019,456	1019,456
20	1425,600	493,677	547,300	74	2979,700	938,272	938,272
21	1425,600	493,677	771,100	75	3096,870	1318,000	771,100
22	1425,600	497,672	139,570	76	3096,870	1230,000	139,570
23	1432,400	497,672	0,000	77	3096,870	1232,000	1232,000
24	1425,600	891,660	134,977	78	3096,870	1387,200	1382,800
25	1425,600	139,570	896,100	79	3096,870	1197,449	1197,449
26	1432,400	134,977	896,100	80	3096,870	1281,900	1019,456
27	1869,300	497,672	139,570	81	3096,870	957,780	1019,456
28	1869,300	139,570	497,672	82	3096,870	1535,000	1321,310
29	1869,300	497,672	771,100	83	3096,870	1321,310	1321,310
30	1869,300	771,100	497,672	84	3096,870	2979,700	0,000
31	1869,300	497,672	1318,000	85	3096,870	957,780	0,000
32	1869,300	896,100	139,570	86	3096,870	2036,000	0,000
33	1869,300	139,570	1273,000	87	3096,870	1718,000	0,000
34	1869,300	1421,000	139,570	88	3096,870	1281,900	0,000
35	1869,300	1680,000	139,570	89	3096,870	1520,000	0,000
36	1869,300	547,300	139,570	90	3096,870	2220,000	0,000
37	1869,300	497,672	493,677	91	3096,870	1507,000	0,000
38	1868,800	139,570	1019,456	92	3510,510	3096,870	0,000
39	1869,300	1019,456	139,570	93	3510,510	938,272	938,272
40	1869,300	896,100	891,660	94	3556,180	938,272	938,272
41	1869,300	1019,456	493,677	95	3415,100	3096,870	0,000
42	2006,700	1864,500	134,977	96	3549,000	3096,870	0,000
43	2422,200	2010,000	139,570	97	3685,960	3096,870	547,300
44	2459,000	1869,300	139,570	98	3685,960	938,272	938,272
45	1968,500	105,658	0,000	99	3685,960	3415,100	0,000
46	1968,500	493,677	497,672	100	3685,960	2979,700	0,000
47	1968,500	975,000	139,570	101	3769,900	1869,300	1869,300
48	1968,500	1713,000	139,570	102	4040,000	1864,500	1864,500
49	1968,500	896,100	891,660	103	1230,000	938,272	134,977
50	1968,500	957,780	139,570	104	1115,683	939,565	0,000
51	1968,500	957,780	771,100	105	1115,683	938,272	139,570
52	2112,400	1968,500	134,977	106	1115,683	939,565	134,977
53	2112,400	1968,500	0,000	107	1402,000	1189,370	139,570
54	2535,350	1869,300	497,672	108	1518,200	938,272	493,677

1	2	3	4	1	2	3	4
109	1520,000	1115,683	0,000	163	1535,000	0,000	1321,310
110	1518,000	1192,642	134,977	164	2284,900	939,565	493,677
111	1189,370	938,272	134,977	165	2284,900	938,272	497,672
112	1189,370	938,272	0,000	166	2284,900	1019,456	938,272
113	1189,370	939,565	139,570	167	2284,900	1115,683	771,100
114	1197,449	939,565	139,570	168	2284,900	1189,370	134,977
115	1382,800	1115,683	139,570	169	2284,900	1189,370	1019,456
116	1192,642	1115,683	0,000	170	2284,900	1531,800	493,677
117	1383,700	1192,642	134,977	171	2647,400	2466,300	139,570
118	1387,200	1192,642	139,570	172	2790,000	2574,100	139,570
119	1314,830	1192,642	0,000	173	891,660	493,677	134,977
120	1314,830	1115,683	0,000	174	1425,600	134,977	493,677
121	1314,830	1115,683	134,977	175	1425,600	139,570	497,672
122	1321,310	1197,449	0,000	176	1425,600	134,977	891,660
123	1531,800	1314,830	0,000	177	1869,300	497,672	139,570
124	1535,000	1321,310	0,000	178	1869,300	1318,000	497,672
125	1672,450	1115,683	493,677	179	1869,300	1273,000	139,570
126	1672,450	1314,830	139,570	180	1968,500	497,672	493,677
127	1672,450	1321,310	134,977	181	5279,000	771,100	2006,700
128	1672,450	1531,800	139,570	182	5279,000	1864,500	1968,500
129	2252,000	1531,800	493,677	183	5279,000	493,677	3096,870
130	2284,900	938,272	493,677	184	5279,000	139,570	3096,870
131	2284,900	938,272	896,100	185	5279,000	493,677	3685,960
132	2284,900	1115,683	139,570	186	5279,000	891,660	3685,960
133	2284,900	1382,800	547,300	187	5279,000	493,677	3510,510
134	2284,900	1189,370	547,300	188	5279,400	1019,456	3685,960
135	2284,900	1314,830	493,677	189	5369,300	1019,456	3685,960
136	2593,900	2452,600	139,570	190	3096,870	1321,310	1535,000
137	2593,900	2284,900	134,977	191	3096,870	1019,456	957,780
138	2626,600	2452,600	139,570	192	3096,870	1019,456	1281,900
139	2626,600	2284,900	134,977	193	3096,870	0,000	2979,700
140	2626,600	2284,900	0,000	194	3096,870	0,000	957,780
141	2452,600	2284,900	139,570	195	3096,870	0,000	2225,000
142	2466,300	1189,370	896,100	196	3510,510	0,000	3096,870
143	2466,300	1314,830	139,570	197	3415,100	0,000	3096,870
144	2471,800	1115,683	493,677	198	3685,960	0,000	3510,510
145	2471,800	1321,310	139,570	199	3685,960	0,000	3556,180
146	2471,800	1672,450	493,677	200	1230,000	939,565	134,977
147	2519,400	2284,900	139,570	201	3096,870	0,000	1281,900
148	2515,900	2284,900	134,977	202	3096,870	0,000	1507,000
149	2517,500	2284,900	139,570	203	3685,960	0,000	3415,100
150	2647,400	2471,800	139,570	204	1230,000	134,977	939,565
151	2697,500	1672,450	139,570	205	1518,000	493,677	938,272
152	2574,100	2466,300	0,000	206	1192,642	0,000	1115,683
153	5624,000	1115,683	3096,870	207	1382,800	134,977	1189,370
154	4040,000	2006,700	2006,700	208	1314,830	0,000	1192,642
155	1406,000	1192,642	134,977	209	1314,830	0,000	1115,683
156	1382,800	1189,370	134,977	210	1321,310	0,000	1197,449
157	1383,700	1115,683	134,977	211	1531,800	0,000	1314,830
158	1383,700	1189,370	139,570	212	1672,450	493,677	1115,683
159	1387,200	1197,449	134,977	213	1672,450	134,977	1321,310
160	1321,310	1115,683	139,570	214	1672,450	139,570	1531,800
161	1531,800	1314,830	134,977	215	2252,000	493,677	1531,800
162	1535,000	1321,310	134,977	216	2284,900	896,100	938,272

1	2	3	4	1	2	3	4
217	2284,900	139,570	1115,683	227	2593,900	134,977	2284,900
218	2284,900	547,300	1382,800	228	2626,600	134,977	2284,900
219	2284,900	1232,000	493,677	229	2466,300	139,570	1314,830
220	2284,900	1019,456	938,272	230	2471,800	497,672	1115,683
221	2284,900	1115,683	139,570	231	2471,800	139,570	1321,310
222	2284,900	1232,000	493,677	232	2471,800	493,677	1672,450
223	2284,900	1232,000	896,100	233	2697,500	139,570	1672,450
224	2284,900	938,272	980,000	234	2574,100	0,000	2466,300
225	2284,900	134,977	1189,370	235	2790,000	139,570	2574,100
226	2284,900	493,677	1531,800				

Таблица 8

№	m	m1	m2	№	m	m1	m2	№	m	m1	m2
1	v3	0,511	0	42	v49	v46	v2	83	b84	b9	b9
2	v3	v1	0	43	v58	v50	v3	84	b84	b83	0
3	v2	104.6	0	44	v59	v47	v3	85	b84	v11	0
4	v6	v3	v3	45	v48	v1	0	86	b84	2036	0
5	v6	v1	v1	46	v48	v4	v5	87	b84	1718	0
6	v6	v2	0	47	v48	975	v3	88	b84	v19	0
7	v7	v3	v3	48	v48	v39	v3	89	b84	1520	0
8	v7	v3	v6	49	v48	v10	v9	90	b84	2220	0
9	744	v6	0	50	v48	v11	v3	91	b84	v32	0
10	744	v6	v3	51	v48	v11	v7	92	b86	b84	0
11	744	v3	v6	52	v55	v48	v2	93	b86	b1	b1
12	v4	v1	0	53	v55	v48	0	94	b87	b1	b1
13	v4	v3	v2	54	v60	v47	v5	95	b85	b84	0
14	v5	v3	v3	55	v61	v49	v4	96	3549	b84	0
15	v9	v4	0	56	v62	v46	v3	97	b88	b84	v6
16	v9	v2	v4	57	v62	v49	v7	98	b88	b1	b1
17	v10	v5	0	58	v62	v49	1260	99	b88	b85	0
18	v10	v5	v2	59	v62	v48	v46	100	b88	b83	0
19	v27	v4	0	60	v62	v48	v49	101	b89	v47	v47
20	v27	v4	v6	61	v62	v55	v49	102	b90	v46	v46
21	v27	v4	v7	62	v62	b84	v4	103	1230	b1	v2
22	v27	v5	v3	63	v62	b84	v9	104	b3	b2	0
23	v29	v5	0	64	v62	b84	v5	105	b3	b1	v3
24	v27	v9	v2	65	v62	b88	v4	106	b3	b2	v2
25	v27	v3	v10	66	v62	b88	v9	107	1402	b4	v3
26	v29	v2	v10	67	v62	b86	v4	108	1518	b1	v4
27	v47	v5	v3	68	v62	b86	v9	109	b15	b3	0
28	v47	v3	v5	69	v65	b88	v14	110	1518	b5	v2
29	v47	v5	v7	70	v65	v48	v3	111	b4	b1	v2
30	v47	v7	v5	71	b83	v9	v9	112	b4	b1	0
31	v47	v5	v22	72	b83	745	745	113	b4	b2	v3
32	v47	v10	v3	73	b83	v14	v14	114	b6	b2	v3
33	v47	v3	v17	74	b83	b1	b1	115	b10	b3	v3
34	v47	1421	v3	75	b84	v22	v7	116	b5	b3	0
35	v47	v36	v3	76	b84	v16	v3	117	b11	b5	v2
36	v47	v6	v3	77	b84	b7	b7	118	b12	b5	v3
37	v47	v5	v4	78	b84	b12	b10	119	b8	b5	0
38	1869	v3	v14	79	b84	b6	b6	120	b8	b3	0
39	v47	v14	v3	80	b84	v19	v14	121	b8	b3	v2
40	v47	v10	v9	81	b84	v11	v14	122	b9	b6	0
41	v47	v14	v4	82	b84	b17	b9	123	b16	b8	0

№	m	m1	m2	№	m	m1	m2	№	m	m1	m2
124	b17	b9	0	162	b17	b9	v2	200	1230	b2	v2
125	b27	b3	v4	163	b17	0	b9	201	b84	0	v19
126	b27	b8	v3	164	b59	b2	v4	202	b84	0	v32
127	b27	b9	v2	165	b59	b1	v5	203	b88	0	b85
128	b27	b16	v3	166	b59	v14	b1	204	1230	v2	b2
129	b58	b16	v4	167	b59	b3	v7	205	1518	v4	b1
130	b59	b1	v4	168	b59	b4	v2	206	b5	0	b3
131	b59	b1	v10	169	b59	b4	v14	207	b10	v2	b4
132	b59	b3	v3	170	b59	b16	v4	208	b8	0	b5
133	b59	b10	v6	171	b77	b65	v3	209	b8	0	b3
134	b59	b4	v6	172	b80	b71	v3	210	b9	0	b6
135	b59	b8	v4	173	v9	v4	v2	211	b16	0	b8
136	b73	b64	v3	174	v27	v2	v4	212	b27	v4	b3
137	b73	b59	v2	175	v27	v3	v5	213	b27	v2	b9
138	b75	b64	v3	176	v27	v2	v9	214	b27	v3	b16
139	b75	b59	v2	177	v47	v5	v3	215	b58	v4	b16
140	b75	b59	0	178	v47	v22	v5	216	b59	v10	v1
141	b64	b59	v3	179	v47	v17	v3	217	b59	v3	b3
142	b65	b4	v10	180	v48	v5	v4	218	b59	v6	b10
142	b65	b8	v3	181	v62	v7	v49	219	b59	b7	v4
144	b66	b3	v4	182	v62	v46	v48	220	b59	v14	b1
145	b66	b9	v3	183	v62	v4	b84	221	b59	b3	v3
146	b66	b27	v4	184	v62	v3	b84	222	b59	b7	v4
147	b69	b59	v3	185	v62	v4	b88	223	b59	b7	v10
148	b67	b59	v2	186	v62	v9	b88	224	b59	b1	v12
149	b68	b59	v3	187	v62	v4	b86	225	b59	v2	b4
150	b77	b66	v3	188	v63	v14	b88	226	b59	v4	b16
151	b78	b27	v3	189	v65	v14	b88	227	b73	v2	b59
152	b71	b65	0	190	b84	b9	b17	228	b75	v2	b59
153	b93	b3	b84	191	b84	v14	v11	229	b65	v3	b8
154	b90	v49	v49	192	b84	v14	v19	230	b66	v5	b3
155	b13	b5	v2	193	b84	0	b83	231	b66	v3	b9
156	b10	b4	v2	194	b84	0	v11	232	b66	v4	b27
157	b11	b3	v2	195	b84	0	2225	233	b78	v3	b27
158	b11	b4	v3	196	b86	0	b84	234	b71	0	b65
159	b12	b6	v2	197	b85	0	b84	235	b80	v3	b71
160	b9	b3	v3	198	b88	0	b86				
161	b16	b8	v2	199	b88	0	b87				

Схема распада приведена на рис. 7 сплошными линиями. Заметим, что  $e4$  в данной реакции равна массе пи-ноль мезона ( $\delta = 0,06 \%$ ):

$$\frac{e4_{12}}{\pi^0} = \frac{e4_{12}}{134,9766} = 1,000061, \quad \frac{e4_{12}}{m_{12}} = 0,273427;$$

$$1 - \tan(0,2\pi) = 0,273457, \quad \frac{0,273427}{0,273457} = 0,999890$$

( $\delta = 0,11 \%$ ). Отсюда имеем

$$\left(\frac{e6_{12}}{e1_{12}}\right)^2 = 1,000041 = \frac{\sin(\zeta)^2}{\tan(0,2\pi)} \quad (\delta = 0,04 \%).$$

Соотношение между массами пи-ноль мезона и каона тогда будет равно

$$\frac{\pi^0}{K} = 1 - \tan(0,2\pi) = 1 - \sqrt[4]{5\Phi}^{1,5} \quad (\delta = 0,17 \%).$$

Заметим также, что если бы каон распадался по схеме распада пиона, имея начальную фазу  $\varphi_6$  (на рис. 7 дано штрихпунктирной линией), то соответствующая энергия нейтрино и импульса конечного продукта равнялась бы массе каона, умноженной на  $1 - \sqrt{\Phi}$ , что соответствует массе мюона. Отсюда получим соотношение между массами мюона и каона  $\frac{\mu}{K} = 1 - \sqrt{\Phi}$  ( $\delta = 0,81 \%$ ), а

$$\text{также каона и пиона } \frac{K}{\pi} = \frac{\cos(\varphi_5)}{1 - \cos(\varphi_6)} = \frac{\sqrt{2\sqrt{\Phi} - 1}}{1 - \sqrt{\Phi}} \quad (\delta = 0,13 \%).$$

Таблица 9

e1b	№	$\delta$	e1v	№	$\delta$	e5v	№	$\delta$	хбав	№	$\delta$	pv	№	$\delta$	
75	60	0,564	13	24	0,569	13	22	0,029	3	4	0,068	44	59	0,873	
83	84	0,744	46	42	0,268	40	31	0,895	3	25	0,072	34	61	0,904	
6	107	0,917	48	52	0,299	15	32	0,937	2	26	0,007	24	67	0,35	
6	119	0,727	53	87	0,016	23	37	0,774	5	27	0,735	21	76	0,119	
16	128	0,059	44	88	0,411	31	45	0,315	3	33	0,012	19	88	0,955	
12	134	0,536	42	94	0,613	31	49	0,242	6	36	0,003	44	182	0,873	
64	136	0,038	15	109	0,464	13	55	0,942	5	37	0,668	24	187	0,35	
62	136	0,569	11	111	0,69	41	87	0,117	4	46	0,005	19	201	0,955	
63	136	0,201	11	113	0,178	25	132	0,063	40	55	0,905				
64	138	0,838	19	130	0,106	16	146	0,469	46	60	0,306				
63	138	1,001	46	151	0,483	36	166	0,973	11	85	0,202				
59	141	0,771	19	164	0,308	31	180	0,928	31	89	0,854				
66	150	0,868	19	165	0,782	22	205	0,932	30	91	0,588				
65	152	0,915	13	180	0,565	51	218	0,526	10	125	0,577				
6	156	0,95	19	201	0,955	52	218	0,526	9	166	0,144				
72	172	0,063	21	223	0,866	23	219	0,825	57	171	0,524				
						36	220	0,973	2	176	0,003				
						25	221	0,063	5	177	0,735				
						23	222	0,825	5	180	0,014				
										2	184	0,889			
										9	220	0,144			
										13	223	0,632			

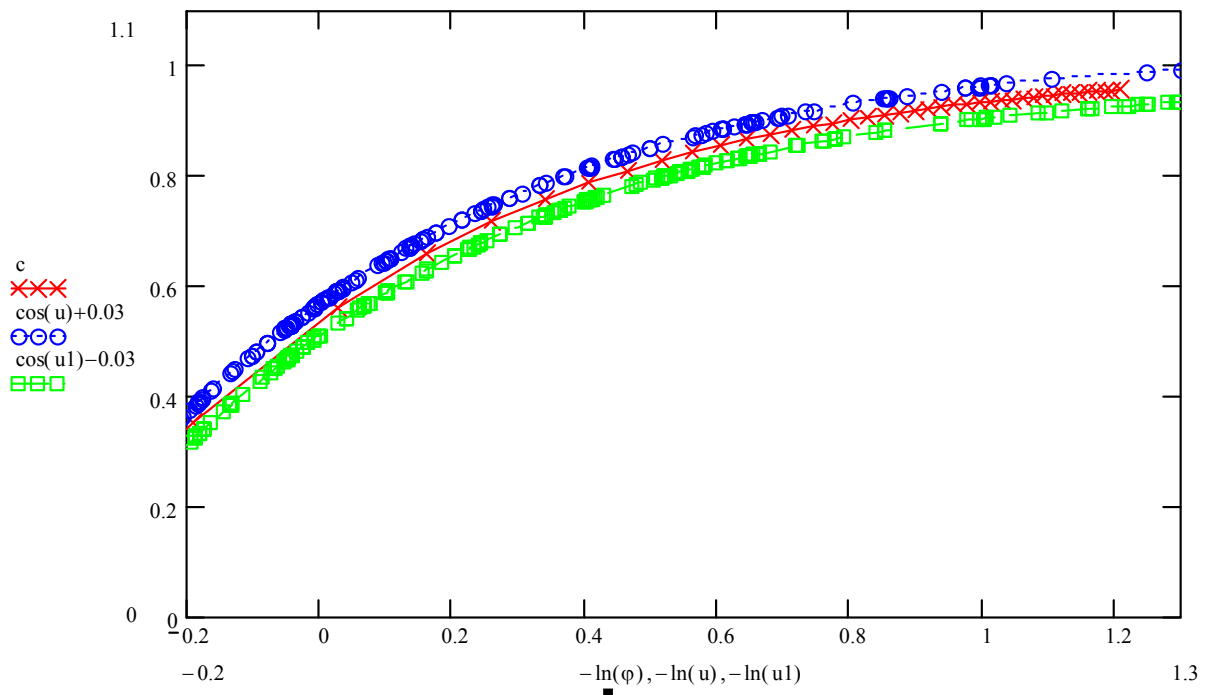


Рис. 8. График соответствия косинусов расчетных и экспериментальных углов



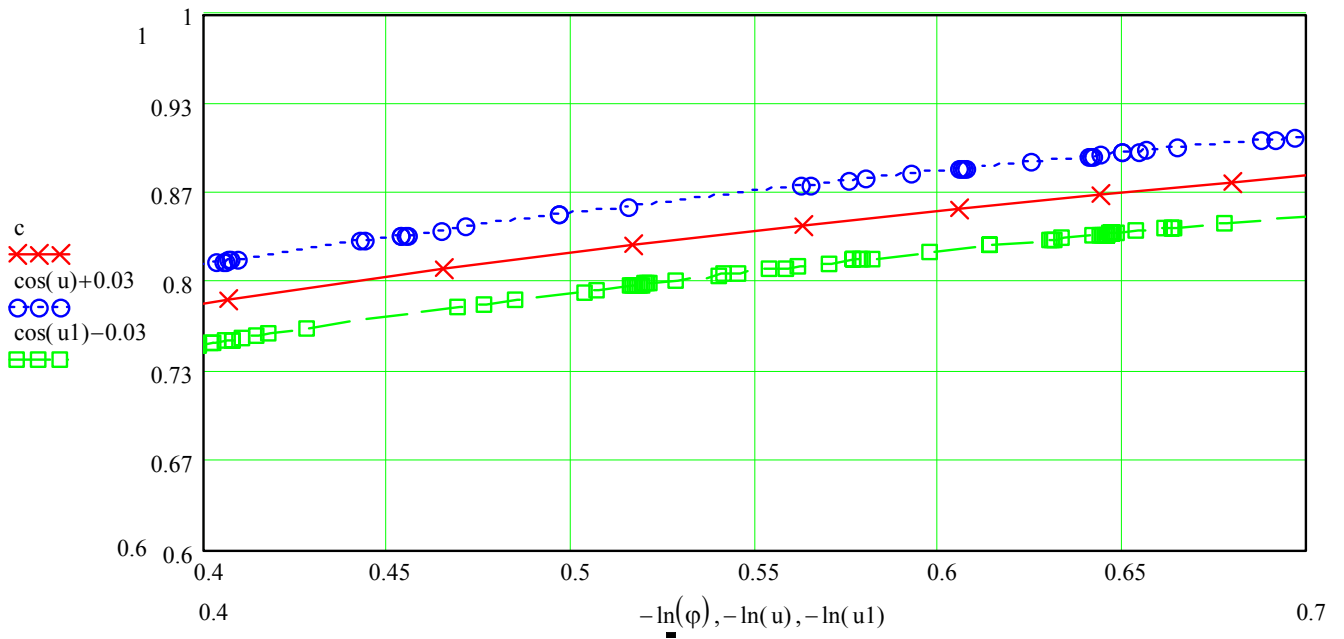


Рис. 9. Ситуация на одном из участков до обработки графика (линии разнесены по вертикали)

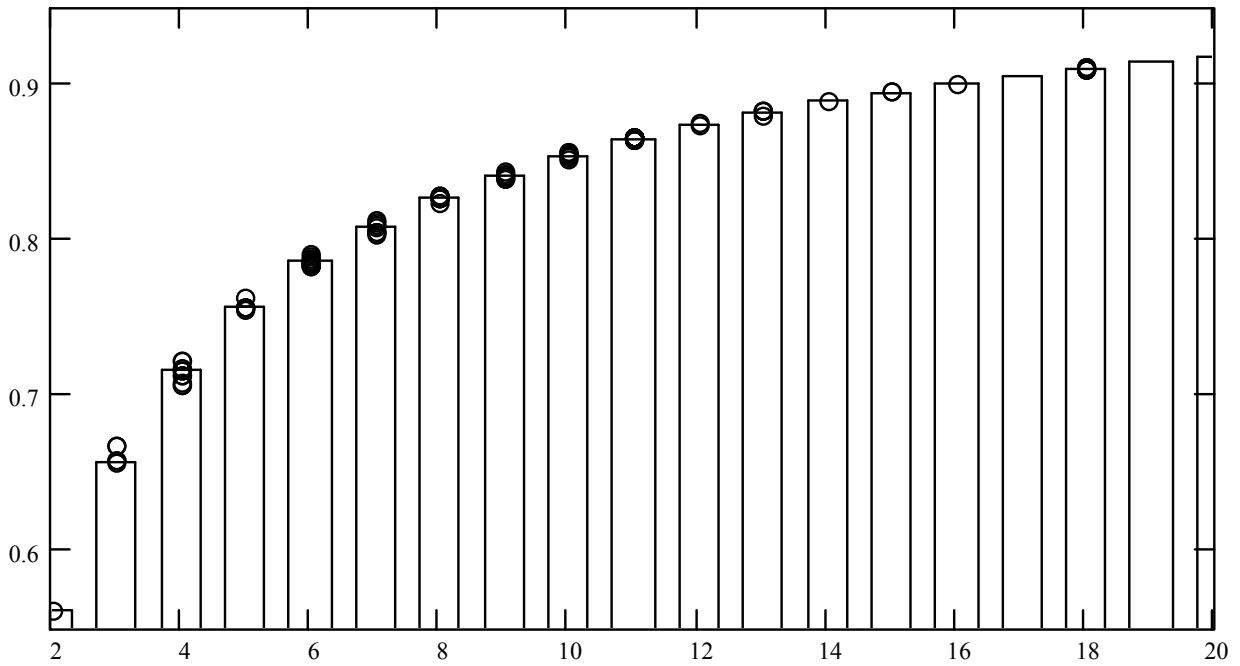


Рис. 10. Величины косинусов начальных фаз реакций распадов

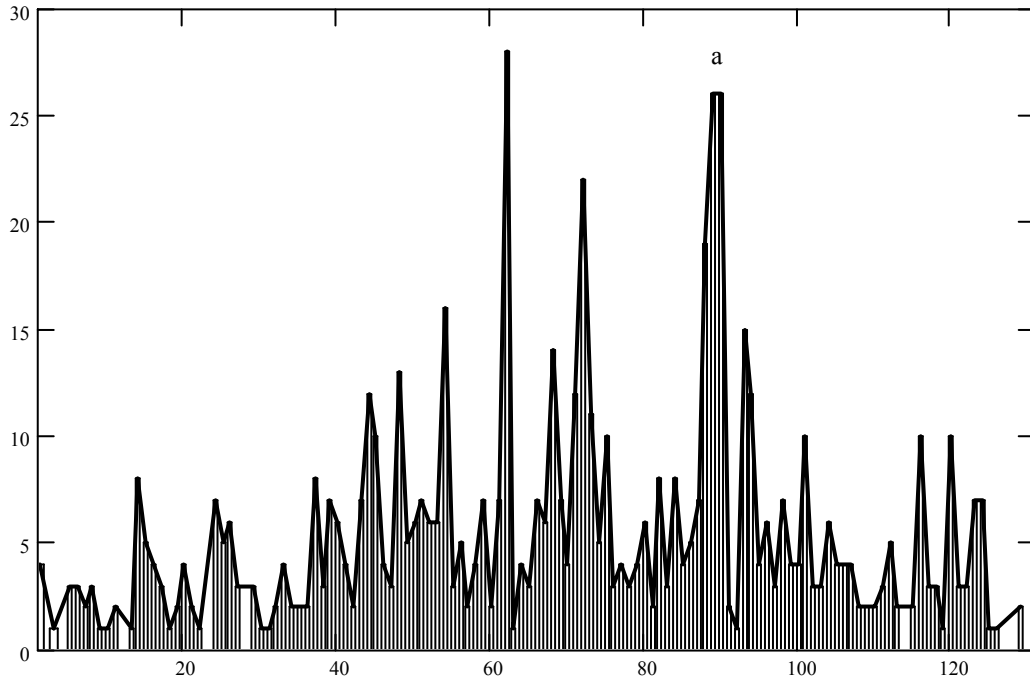


Рис. 11. Гистограмма относительных величин векторов, соответствующих числам Фидия

Используемые далее в расчетах общепринятые обозначения частиц и их массы даны в табл. 5 (мюон и мезоны) и в табл. 6 (барионы и с мезоны). В табл. 7 дан перечень всех анализируемых реакций с массами частиц: исходная масса в столбце 1, масса первой из образующихся частиц в столбце 2, масса второй из образующихся частиц в столбце 3. В табл. 8 приведены те же данные, что и в табл. 7, но вместо масс даны их обозначения согласно табл. 5 и 6. В табл. 9 дана выборка значений элементов векторов, указанных в табл. 4 и близких к величинам масс известных частиц (первые столбцы): во втором столбце – номера реакций, в третьем – погрешность приближения в промилле.

Созданы программы определения реакций, соответствующих ряду  $c = \cos(\varphi_j)$ , графически результаты представлены на рис. 8. Здесь  $u := \text{sort}(\zeta)$  – расположение фаз частицы перед распадом по возрастающей,  $u1 := \text{sort}(\zeta1)$  – то же для дополнительных углов ( $\cos(u)$  и  $\cos(u1)$ ) разнесены по вертикали для наглядности, для аргументов выбран логарифмический масштаб),  $c$  – косинусы расчетных углов, по Фидию. На рис. 9 дана часть рис. 8 с увеличением, а на рис. 10 значения

расчетных косинусов (столбчатая диаграмма) и экспериментальных (кружки) даны в зависимости от номера  $j$ . Сводные данные приведены в табл. 10.

Т а б л и ц а 1 0

$\delta$	№ А	№ В
0,25	147	70
0,125	143	33
0,05	68	15

Здесь приняты следующие обозначения :  $\delta$  – величина интервала между соседними значениями  $\cos(\varphi_j)$  в долях от величины  $\cos(\varphi_j)$ ; № А – число реакций, у которых косинусы фаз распадов отличаются от начальных соответствующих табличных значений  $\cos(\varphi_j)$  не более, чем на  $\delta$ ; № В – число событий, при которых в эти интервалы попадают 235 случайных чисел с равномерным распределением. Из того факта, что по мере уменьшения интервала величина отношения № А/№ В растет, можно утверждать, что имеет место корреляция между рядом  $\cos(\varphi_j)$  и рядом  $\cos(\zeta_j)$ .

Исследовались все реакции также на соответствие относительных величин векторов ( $e1/m$  и так далее) числам Фидия, полу-

ченным при анализе распадов пиона, каона, а также широко известных в литературе.

На рис. 11 приведена гистограмма, где по вертикали отложено количество реакций, в которых наблюдается упомянутое соответствие, а по горизонтали – номер числа Фидия. Наибольший пик образуют реакции типа  $P_c$  с распадом на две частицы равной массы, затем пик  $a$  для случаев, когда векторы равны числу Фидия (0,618...), и так далее. Проведенное сравнение с рядом случайных чисел с равномерным распределением подобного статистически значимого эффекта не обнаружило.

### Заключение

Найдено, что распады ряда элементарных частиц – пион, каон, лямбда, сигма, кси, омега – энергетически соответствуют принципу «золотого сечения». Таким образом, из всего многообразия форм существования простейших энергетических структур природа отбирает наиболее устойчивые, время существования которых достаточно для их регистрации приборами. Такое совершенство соотношения частей и целого

элементарных кирпичиков материи проецируется на те объекты окружающего нас мира, которые нами признаются образцами, будь они природными созданиями или творениями рук и ума людей. Наиболее величественные и известные из них, называемые чудесами света, относятся к гигантским постройкам – пирамидам, храмам, маякам, плотинам.

### Список литературы

1. Саврухин А.П. Корпускулярная спектроскопия // ФМР. – 2001. – № 2. – С. 62–67.
2. Саврухин А.П. Электрон, пион, мюон: соотношение масс // ФМР. – 2001. – № 3. – С. 42–45.
3. Саврухин А.П. Определение точных значений масс пиона и мюона // Лесной вестник / МГУЛ. – 2002. – № 1(21). – С. 157–161.
4. Саврухин А.П. Распад пиона и золотое сечение. IV Всероссийская конференция «Физика элементарных частиц и атомного ядра»: Сб. науч. тр. – М.: МИФИ, 2003. – С. 72.
5. Саврухин А.П. Золотое сечение и элементарные частицы // Лесной вестник / МГУЛ. – 2003. – № 1.
6. Шевелев И. Ш., Марутаев М. А., Шмелев И. П. Золотое сечение: Три взгляда на природу гармонии. – М.: Стройиздат, 1990. – 343 с.
7. Nagiwaru K. et al. Phys. Rev. D66, 010001 (2002).

## ПОСТРОЕНИЕ ИНТЕГРАЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ В РАМКАХ НЕЧЕТКОЙ ЭКСПЕРТНОЙ ИНФОРМАЦИИ

О.М. ПОЛЕЩУК, доц. каф. высшей математики МГУЛа, канд. физ.-мат. наук

Методы обработки и анализа нечеткой экспертной информации можно разбить на три этапа. *Первый этап* называется этапом фазсификации (формализации) информации и состоит в построении моделей экспертного оценивания или описания признаков в рамках семантических пространств [1]. Семантические пространства представляют собой подмножество лингвистических переменных с фиксированным терм-множеством. В последнее время выделено подмножество семантических пространств – полные ортогональные семантические пространства (ПОСП) [2], функции принадлежности которых обеспечивают адекватное отображение знаний и опыта экспертов. Разработаны ме-

тоды построения ПОСП в рамках качественных и количественных признаков [2].

Этап формализации нечеткой информации обеспечивает возможность применения аппарата теории нечетких множеств в рамках формализованной информации и является своего рода фундаментом для построения моделей уже непосредственно в рамках этого аппарата.

Задачи построения таких моделей решаются в рамках *второго этапа* обработки и анализа нечеткой информации.

*Третий этап* является обратным к первому этапу и называется этапом дефазсификации.

Ситуация сложилась таким образом, что первый этап не получил столь существенного развития, как следующие этапы обработки и анализа нечеткой экспертной информации, хотя именно он обеспечивает их адекватность. На этапе формализации информации не разработаны методы, позволяющие делать предварительную обработку этой информации и только после этого применять методы теории нечетких множеств с целью построения различных моделей.

В настоящей работе рассматриваются задачи, состоящие в построении интегральных моделей экспертного оценивания или описания признаков, которые могут быть использованы на следующих этапах обработки нечеткой информации.

Обозначим через  $\Xi^k$  множество, элементами которого являются модели – формализации – экспертного оценивания качественного признака или описания в лингвистических терминах физических значений количественного признака, построенные в виде

$$\text{ПОСП} - X_i = \{\mu_{il}(x), l = \overline{1, m}\}, \quad i = \overline{1, k},$$

$$\mu_{il}(x) \equiv (a_1^i, a_2^i, a_L^i, a_R^i);$$

$[a_1^i, a_2^i]$  – интервал толерантности;

$a_L^i, a_R^i$  – соответственно левый и правый параметры нечеткости.

Пусть  $k$  экспертов оценивают проявление качественного признака у совокупности объектов, моделями этого оценивания являются элементы множества  $\Xi^k$ . Будем предполагать, что дополнительно известна информация относительно оценивания экспертами каждого из объектов совокупности. Оценками являются уровни – термножества – вербальной шкалы, в рамках которой проводилось оценивание объектов. Таким образом, если оценка, выставленная  $i$ -м экспертом ( $i = \overline{1, k}$ )  $n$ -му ( $n = \overline{1, N}$ ) объекту является  $l$ -м уровнем вербальной шкалы, то эта оценка однозначно отображается на функцию принадлежности  $\mu_{il}(x)$   $l$ -го термножества ПОСП  $X_i, i = \overline{1, k}$ . Обозначим через  $\mu_i^n(x)$  ( $\mu_i^n(x) = \mu_{il}(x), n = \overline{1, N}, l = \overline{1, m}$ ) оценку, выставленную  $i$ -м экспертом  $i = \overline{1, k}$ ,  $n$ -му представителю совокупности.

Обозначим набор формализованных оценок  $i$ -го эксперта через

$$M_i = \{\mu_i^1(x), \mu_i^2(x), \dots, \mu_i^N(x)\},$$

$$\mu_i^n \equiv (a_1^i, a_2^i, a_L^i, a_R^i), n = \overline{1, N},$$

где  $\mu_i^n(x) = \mu_{il}(x), n = \overline{1, N}, l = \overline{1, m}, X_i = \{\mu_{il}(x), l = \overline{1, m}\}$  –  $i$ -й элемент множества  $\Xi^k, i = \overline{1, k}$ .

Будем называть  $M_i, i = \overline{1, k}$  моделью результатов оценивания  $i$ -м экспертом совокупности объектов в рамках качественного признака.

Множество, элементами которого являются  $M_i, i = \overline{1, k}$ , обозначим через  $\Theta^k$ .

В теории экспертного оценивания сформулировано условие оптимальности группового выбора по Парето [3]. Это условие означает, что, если  $R = F(R_1, R_2, \dots, R_k)$  – групповое ранжирование, являющееся функцией индивидуальных ранжирований  $R_1, R_2, \dots, R_k$ , то  $\bigcap_{n=1}^k R_n \subseteq R \subseteq \bigcup_{n=1}^k R_n$ .

Пусть  $\Xi^k = \{X_i, i = \overline{1, k}\}$ , где  $X_i, i = \overline{1, k}$  – ПОСП с функциями принадлежности термножеств  $\{\mu_{il}(x), l = \overline{1, m}\}$ ,  $\Theta^k = \{M_i, i = \overline{1, k}\}$ , где  $M_i = \{\mu_i^n, n = \overline{1, N}\}$  – модель результатов оценивания  $i$ -м экспертом качественного признака у совокупности  $N$  объектов

$$(\mu_i^n(x) = \mu_{il}(x), n = \overline{1, N}, l = \overline{1, m}).$$

На основе моделей  $X_i, i = \overline{1, k}$  экспертного оценивания качественного признака или описания в лингвистических терминах физических значений количественного признака будем определять интегральную модель  $X$  (ПОСП) с функциями принадлежности термножеств  $\{f_l(x), l = \overline{1, m}\}$ ,  $f_l(x) \equiv (a_1^l, a_2^l, a_L^l, a_R^l)$ .

На основе моделей  $M_i, i = \overline{1, k}$  результатов оценивания  $k$  экспертами совокупности  $N$  объектов в рамках качественного признака будем определять интегральную модель  $M = \{\mu^n, n = \overline{1, N}\}$ ,  $\mu^n(x) \equiv (a_1^n, a_2^n, a_L^n, a_R^n)$ .

Сформулируем условие Парето для оптимальной интегральной модели  $X$  оценивания качественного признака или описания в лингвистических терминах физических значений количественного признака, построенной на основе моделей  $X_i, i = \overline{1, k}$ :

$$\bigcap_{i=1}^k X_i \subseteq X \subseteq \bigcup_{i=1}^k X_i$$

или

$$\begin{aligned} \min_x (\mu_{1l}(x), \mu_{2l}(x), \dots, \mu_{kl}(x)) &\leq f_l(x) \leq \\ &\leq \max_x (\mu_{1l}(x), \mu_{2l}(x), \dots, \mu_{kl}(x)) \\ \forall l = \overline{1, m}, \forall x \in [0, 1]. \end{aligned}$$

Сформулируем условие Парето для оптимальной интегральной модели  $M$  результатов оценивания совокупности  $N$  объектов в рамках качественного признака, построенного на основе моделей  $M_i, i = \overline{1, k}$ :

$$\bigcap_{i=1}^k M_i \subseteq M \subseteq \bigcup_{i=1}^k M_i$$

или

$$\begin{aligned} \min_x (\mu_1^n(x), \mu_2^n(x), \dots, \mu_k^n(x)) &\leq \mu^n(x) \leq \\ &\leq \max_x (\mu_1^n(x), \mu_2^n(x), \dots, \mu_k^n(x)) \\ \forall n = \overline{1, N}, \forall x \in [0, 1]. \end{aligned}$$

Назовем шумами параметров  $a_1^i, a_2^i, a_L^i, a_R^i, l = \overline{1, m}, i = \overline{1, k}$  элементов множества  $\Xi^k$  соответственно разницы  $a_1^i - a_1^l; a_2^i - a_2^l; a_L^i - a_L^l; a_R^i - a_R^l; l = \overline{1, m}; i = \overline{1, k}$ .

Назовем шумами параметров  $a_1^m, a_2^m, a_L^m, a_R^m, i = \overline{1, k}, n = \overline{1, N}$  элементов множества  $\Theta^k$  соответственно разницы  $a_1^m - a_1^n; a_2^m - a_2^n; a_L^m - a_L^n; a_R^m - a_R^n; i = \overline{1, k}; n = \overline{1, N}$ .

Будем предполагать, что функции принадлежности терм-множеств интегральной модели экспертного оценивания или описания признака и функции принадлежности интегральной модели результатов оценивания качественного признака у совокупности объектов принадлежат тому же классу функций, которому принадлежат функции принадлежности элементов множества  $\Xi^k$ .

Предположим, что определены весовые коэффициенты  $\omega_i, i = \overline{1, k}$  элементов множества  $\Xi^k$  и  $\Theta^k$ . Параметры функций принадлежности  $a_1^l, a_2^l, a_L^l, a_R^l, l = \overline{1, m}$  терм-множеств интегральной модели экспертного оценивания качественного признака или описания в лингвистических терминах физических значений количественного признака будем искать из условия:

$$\begin{aligned} F = \sum_{l=1}^m \sum_{i=1}^k \omega_i [(a_1^i - a_1^l)^2 + (a_2^i - a_2^l)^2 + \\ + (a_L^i - a_L^l)^2 + (a_R^i - a_R^l)^2] \rightarrow \min. \end{aligned}$$

Неизвестные параметры находятся из системы нормальных уравнений:

$$\frac{\partial F}{\partial a_1^l} = 2 \left[ \sum_{i=1}^k \omega_i a_1^i - a_1^l \right] = 0, l = \overline{1, m};$$

$$\frac{\partial F}{\partial a_2^l} = 2 \left[ \sum_{i=1}^k \omega_i a_2^i - a_2^l \right] = 0, l = \overline{1, m};$$

$$\frac{\partial F}{\partial a_L^l} = 2 \left[ \sum_{i=1}^k \omega_i a_L^i - a_L^l \right] = 0, l = \overline{1, m};$$

$$\frac{\partial F}{\partial a_R^l} = 2 \left[ \sum_{i=1}^k \omega_i a_R^i - a_R^l \right] = 0, l = \overline{1, m}.$$

Получаем решения:

$$a_1^l = \sum_{i=1}^k \omega_i a_1^i, l = \overline{1, m}, a_2^l = \sum_{i=1}^k \omega_i a_2^i, l = \overline{1, m};$$

$$a_L^l = \sum_{i=1}^k \omega_i a_L^i, l = \overline{1, m}, a_R^l = \sum_{i=1}^k \omega_i a_R^i, l = \overline{1, m}.$$

Поскольку функции принадлежности интегральной модели экспертного оценивания или описания признака принадлежат тому же классу функций, что и функции принадлежности элементов множества  $\Xi^k$ , то согласно решениям оптимизационной задачи интегральная модель является линейной комбинацией элементов множества  $\Xi^k$ . Таким образом, получаем

$$\begin{aligned} X = \{f_l(x), l = \overline{1, m}\} = \left\{ f_l(x) = \sum_{i=1}^k \omega_i \mu_i(x), l = \overline{1, m} \right\} = \\ = \left\{ f_l(x) = \left( \sum_{i=1}^k \omega_i a_1^i, \sum_{i=1}^k \omega_i a_2^i, \sum_{i=1}^k \omega_i a_L^i, \sum_{i=1}^k \omega_i a_R^i \right), l = \overline{1, m} \right\}. \end{aligned}$$

Параметры  $a_1^m, a_2^m, a_L^m, a_R^m, n = \overline{1, N}$  функций принадлежности интегральной модели экспертного оценивания качественного признака у совокупности объектов будем искать из условия

$$\begin{aligned} \Phi = \sum_{n=1}^N \sum_{i=1}^k \omega_i [(a_1^i - a_1^n)^2 + (a_2^i - a_2^n)^2 + \\ + (a_L^i - a_L^n)^2 + (a_R^i - a_R^n)^2] \rightarrow \min. \end{aligned}$$

Параметры находятся из системы нормальных уравнений:

$$\frac{\partial \Phi}{\partial a_1^n} = 2 \left[ \sum_{i=1}^k \omega_i a_1^i - a_1^n \right] = 0, n = \overline{1, N};$$

$$\frac{\partial F}{\partial a_2^n} = 2 \left[ \sum_{i=1}^k \omega_i a_2^{in} - a_2^n \right] = 0, n = \overline{1, N};$$

$$\frac{\partial F}{\partial a_L^n} = 2 \left[ \sum_{i=1}^k \omega_i a_L^{in} - a_L^n \right] = 0, n = \overline{1, N};$$

$$\frac{\partial F}{\partial a_R^n} = 2 \left[ \sum_{i=1}^k \omega_i a_R^{in} - a_R^n \right] = 0, n = \overline{1, N}.$$

Получаем решения:

$$a_1^n = \sum_{i=1}^k \omega_i a_1^{in}, n = \overline{1, N}, \quad a_2^n = \sum_{i=1}^k \omega_i a_2^{in}, n = \overline{1, N};$$

$$a_L^n = \sum_{i=1}^k \omega_i a_L^{in}, n = \overline{1, N}, \quad a_R^n = \sum_{i=1}^k \omega_i a_R^{in}, n = \overline{1, N}.$$

Таким образом, интегральная модель экспертного оценивания качественного признака у совокупности объектов, построенная в рамках элементов множества  $\Theta^k$ , является линейной комбинацией этих элементов.

Легко проверить, что найденные интегральные модели удовлетворяют условиям Парето.

Определим потерю информации между интегральной моделью  $X = \{f_l(x), l = \overline{1, m}\}$  и элементом  $X_i = \{\mu_{il}(x), l = \overline{1, m}\}, i = \overline{1, k}$  множества  $\Xi^k$  следующим образом:

$$d(X_i, X) = \frac{1}{2} \sum_{l=1}^m \int_0^1 |\mu_{il}(x) - f_l(x)| dx.$$

Потерей информации при построении интегральной модели в рамках множества  $\Xi^k$  назовем среднее значение потерь информации между элементами множества  $\Xi^k$  и интегральной моделью:

$$\sigma = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k d(X_i, X), \quad i = \overline{1, k}.$$

Будем считать, что нечеткие числа с функциями принадлежности

$\mu_{il}(x) \equiv (a_1^{il}, a_2^{il}, a_L^{il}, a_R^{il}), \quad i = \overline{1, k}, \quad f_l(x) = (a_1^l, a_2^l, a_L^l, a_R^l),$   
 $l = \overline{1, m}$ , соответствующие терм-множествам элементов множества  $\Xi^k$  и терм-множествам интегральной модели, являются  $T$ -числами, или нормальными треугольными числами.

Введем новые параметры функций принадлежности терм-множеств элементов множества  $\Xi^k$  и функций принадлежности терм-множеств интегральной модели, которые являются абсциссами точек изломов графиков этих функций принадлежности:

$$a_{i11} = a_1^{il} - a_L^{il}, \quad a_{i12} = a_1^{il}, \quad a_{i13} = a_2^{il}, \quad a_{i14} = a_2^{il} + a_R^{il};$$

$$a_{i11} = a_1^l - a_L^l, \quad a_{i12} = a_1^l, \quad a_{i13} = a_2^l, \quad a_{i14} = a_2^l + a_R^l.$$

Так как  $a_{i11} = 0, a_{i12} = 0, i = \overline{1, k}$ , то полагается  $a_{11} = 0, a_{12} = 0$ . Так как  $a_{i13} = 1, a_{i14} = 1, i = \overline{1, k}$ , то полагается  $a_{m3} = 1, a_{m4} = 1$ .

Потерей информации в рамках границ  $l$ -го и  $(l + 1)$ -го терм-множеств между элементами множества  $\Xi^k$  и интегральной моделью будем называть полусумму интеграла от модуля разности соответствующих правых границ функций принадлежности  $l$ -го терм-множества элемента множества  $\Xi^k$  и интегральной модели и интеграла от модуля разности соответствующих левых границ функций принадлежности  $(l + 1)$ -го терм-множества элемента множества  $\Xi^k$  и интегральной модели,  $l = \overline{1, m-1}$ .

Рассмотрим различные случаи расположения границ функций принадлежности соседних терм-множеств  $i$ -го элемента множества  $\Xi^k$  и границ функций принадлежности этих же терм-множеств интегральной модели. В зависимости от расположения границ функций принадлежности найдем потери информации.

Если  $a_{i13} > a_{i13}, a_{i14} > a_{i14}$ , то потеря информации в рамках границ  $l$ -го и  $(l + 1)$ -го терм-множеств равна площади трапеции с основаниями  $a_{i13} - a_{i13}; a_{i14} - a_{i14}$  и единичной высотой, то есть

$$\frac{1}{2} (a_{i13} - a_{i13} + a_{i14} - a_{i14}).$$

Если  $a_{i13} < a_{i13}, a_{i14} < a_{i14}$ , то потеря информации на границе  $l$ -го и  $(l + 1)$ -го терм-множеств равна площади трапеции с основаниями  $a_{i13} - a_{i13}; a_{i14} - a_{i14}$  и единичной высотой, то есть

$$\frac{1}{2} (-a_{i13} + a_{i13} - a_{i14} + a_{i14}).$$

Если  $a_{i13} \leq a_{i13}, a_{i14} \geq a_{i14}$ , то потеря информации в рамках границ  $l$ -го и  $(l + 1)$ -го терм-множеств равна сумме площадей двух треугольников. Один треугольник имеет основание  $a_{i13} - a_{i13}$ , другой треугольник тоже имеет основание  $a_{i14} - a_{i14}$ . Найдем высоты этих треугольников.



## МЕТОДЫ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ НЕЧЕТКОЙ ЭКСПЕРТНОЙ ИНФОРМАЦИИ НА ЭТАПЕ ЕЕ ФОРМАЛИЗАЦИИ

О.М. ПОЛЕЩУК, доц. каф. высшей математики МГУЛа, канд. физ.-мат. наук

Возрастающая потребность в эффективных информационных технологиях на основе экспертно-компьютерных систем повлекла за собой необходимость применения современного аппарата для обработки и анализа информации, поступающей на вход таких систем от экспертов и содержащей как четкие данные, так и нечеткие. Последних объективно много по причине того, что эксперты, оценивая признаки и выражая свои знания, используют в рамках профессионального языка лингвистические значения этих признаков, например: технологичность – низкая; интерфейс – удобный; квалификация – высокая; диаметр – малый и т. д.

Формализация информации с нечеткими экспертными данными, то есть нечеткой экспертной информации, осуществляется на основе модельного подхода в рамках основных понятий теории нечетких множеств. С точки зрения этого подхода моделями множеств лингвистических значений признаков служат семантические пространства [1], а моделями экспертного оценивания признаков служат процедуры выбора понятий, образующих эти пространства.

Этап формализации нечеткой информации является фундаментом, на котором строятся методы обработки и анализа этой информации в рамках аппарата теории нечетких множеств. Несмотря на несомненную важность этого этапа, ситуация сложилась таким образом, что в своем развитии он не получил столь пристального внимания исследователей, которое было направлено на развитие его надстройки.

В настоящее время требования к моделям экспертного оценивания формулируются в рамках каждой конкретной задачи, а адекватность отображения знаний экспертов при построении этих моделей зависит от

опыта и искусства исследователей. Как следствие, не разработаны методы анализа формализованной нечеткой информации, позволяющие осуществлять ее проверку, исключать ошибочную информацию, изучать структурный состав и аккумулировать полученную информацию в интегральных моделях экспертного оценивания или описания признаков.

Таким образом, этап формализации чаще всего рассматривается исследователями как средство, обеспечивающее цель – возможность применения методов теории нечетких множеств в рамках построенных на этом этапе моделей. Подобное отношение к этапу формализации нечеткой информации в совокупности с неразвитостью методов ее предварительной обработки и анализа может ставить под сомнение адекватность моделей, построенных на его основе.

Поэтому создание системы методов представления и анализа нечеткой экспертной информации является актуальной научной проблемой.

Одним из основных понятий теории нечетких множеств является лингвистическая переменная [2].

Лингвистической переменной называется пятерка

$$\{X, T(X), U, V, S\},$$

где  $X$  – название переменной;  $T(X) = \{X_i, i = \overline{1, m}\}$  – терм-множества переменной  $X$ , то есть множество названий лингвистических значений переменной  $X$  (каждое из этих значений – нечеткая переменная со значениями из универсального множества  $U$ );  $V$  – синтаксическое правило, порождающее названия значений лингвистической переменной  $X$ ;  $S$  – семантическое правило, которое ставит в соответствие каждой нечеткой пере-



менной с названием из  $T(X)$  нечеткое подмножество универсального множества  $U$ .

Терм-множества  $X_i, i = \overline{1, m}$  называют понятиями, образующими лингвистическую переменную. Функцию принадлежности нечеткого множества  $\tilde{X}_i, i = \overline{1, m}$ , описывающего возможные значения нечеткой переменной с названием  $X_i, i = \overline{1, m}$ , традиционно называют функцией принадлежности понятия  $X_i, i = \overline{1, m}$ , или функцией принадлежности терм – множества  $X_i, i = \overline{1, m}$ .

Семантическим пространством называется лингвистическая переменная с фиксированным терм-множеством  $\{X, T(X), U, S\}$ .

С точки зрения аппарата теории нечетких множеств семантические пространства служат моделями множеств лингвистических значений оцениваемых экспертами признаков. Процедуры выбора понятий, образующих эти пространства, являются моделями оценивания экспертами признаков у реальных объектов.

Исследования, связанные с поиском оптимальных (в смысле адекватности отображения знаний экспертов и процедур экспертного оценивания) семантических пространств позволили сформулировать требования к функциям принадлежности  $\mu_l(x), l = \overline{1, m}$  их терм-множеств.

1. Для каждого понятия  $X_l, l = \overline{1, m}$  существует  $\hat{U}_l \neq \emptyset$ , где  $\hat{U}_l = \{x \in U : \mu_l(x) = 1\}$  есть точка или отрезок.

2. Пусть  $\hat{U}_l = \{x \in U : \mu_l(x) = 1\}$ , тогда  $\mu_l(x), l = \overline{1, m}$  не убывает слева от  $\hat{U}_l$  и не возрастает справа от  $\hat{U}_l$ .

3.  $\mu_l(x), l = \overline{1, m}$  имеют не более двух точек разрыва первого рода.

4. Для каждого  $x \in U$  существует  $l, l = \overline{1, m} : \mu_l(x) \neq 0$ .

5. Для каждого  $x \in U \sum_{l=1}^m \mu_l(x) = 1$ .

Семантические пространства, функции принадлежности которых удовлетворяют сформулированным требованиям, полу-

чили название полных ортогональных семантических пространств (ПОСП).

*Первое требование* означает, что у каждого понятия – терм-множества – существует хотя бы один эталон – типичный представитель; степень оттеночной уверенности эксперта в принадлежности типичного представителя соответствующему понятию равна единице. Если эталонов несколько, то они все расположены рядом, а не разбросаны по универсальному множеству.

*Второе требование* обеспечивает плавность границ понятий и соответственно плавный, а не скачкообразный, переход от одного соседнего понятия к другому.

*Третье требование* обеспечивает плавность внутри понятий и возможность обработки нечеткой и четкой информации одновременно с единых позиций, поскольку в качестве функций принадлежности могут использоваться обычные характеристические функции.

*Четвертое требование* обеспечивает для каждого объекта из универсального множества существование хотя бы одного понятия, которое описывает этот объект с ненулевой степенью принадлежности.

*Пятое требование* обеспечивает разделимость понятий, образующих семантическое пространство, и исключает использование синонимии или семантически близких терминов.

Эти требования позволяют определить степень нечеткости ПОСП, которая интерпретируется как средняя степень трудностей описания экспертом реальных объектов (ситуаций) в рамках соответствующего ПОСП и является количественным показателем качества нечеткой информации, поступающей от экспертов.

Степенью нечеткости ПОСП называется число

$$\zeta = \frac{1}{|U|} \int_U f(\mu_{l_1}(x) - \mu_{l_2}(x)) dx,$$

где  $\mu_{l_1}(x) = \max_{1 \leq l \leq m} \mu_l(x)$ ,  $\mu_{l_2}(x) = \max_{\substack{1 \leq l \leq m \\ l \neq l_1}} \mu_l(x)$ ;

$f$  – убывает и  $f(0) = 1, f(1) = 0$ .

Если  $L(x) = R(x) = f(x) = 1 - x$ , то  $\zeta = \frac{|\bar{U}|}{2|U|}$ ,

где  $\bar{U} = U - \bigcup_{i=1}^m \hat{U}_i$ .

Известны теоретические результаты, связанные с исследованиями свойств ПОСП, но не разработаны методы их построения – методы построения функций принадлежности их терм-множеств. Таким образом, отсутствуют методы построения моделей экспертного оценивания или описания признаков в виде ПОСП, свойства функций принадлежности которых позволяют адекватно отображать знания экспертов.

В настоящее время отсутствуют методы получения нечеткой экспертной информации в рамках оценивания качественных признаков или описания количественных признаков, обеспечивающие ей минимальную степень нечеткости.

Существующие методы формализации нечеткой информации в рамках количественных признаков не всегда обеспечивают адекватное отображение знаний и опыта экспертов. Таким образом, адекватность построения этих моделей зависит от опыта и искусства исследователя.

Не разработаны методы оценки и сравнения формализаций (моделей) экспертного оценивания и методы анализа внутренней структуры их множеств. Проверка и исключение ошибочной информации при построении некоторых моделей производится визуально.

Не существует методов построения интегральных формализаций оценивания или описания признака в рамках одного множества его лингвистических значений.

Отсутствуют методы формализации лингвистических значений качественных признаков. Как следствие, отсутствуют методы, позволяющие определять в рамках нечеткой информации рейтинговые оценки оцениваемых объектов и интенсивности проявления признаков и, тем самым, решать одну из основных задач экспертного оценивания. В дополнение к этому ограниченность спектра исходных данных в моделях

нечеткого регрессионного анализа не позволяет анализировать и прогнозировать значения качественных признаков.

В [3] определена совокупность  $\Lambda$ , элементами которой являются толерантные  $(L-R)$ -числа и унимодальные  $(L-R)$ -числа с условиями:

$$1) L(0) = R(0) = 1, L(1) = R(1) = 0;$$

2)  $L(x)$  и  $R(x)$  – монотонно убывающие функции для  $\forall x \in [0,1]$ .

Толерантное  $(L-R)$ -число  $\tilde{A} \in \Lambda$  задается следующей функцией принадлежности

$$\mu_A(x) = \begin{cases} L\left(\frac{a_1 - x}{a_L}\right), & 0 < \frac{a_1 - x}{a_L} \leq 1, a_L > 0; \\ R\left(\frac{x - a_2}{a_R}\right), & 0 < \frac{x - a_2}{a_R} \leq 1, a_R > 0, \\ & 1, a_1 \leq x \leq a_2 \\ 0, & x < a_1 - a_L \text{ è è è } x > a_2 + a_R \end{cases}$$

и символически записывается в виде  $\mu_A(x) \equiv (a_1, a_2, a_L, a_R)$ . Отрезок  $[a_1, a_2]$  называется интервалом толерантности, а  $a_L$  и  $a_R$  – соответственно левым и правым коэффициентами нечеткости  $(L-R)$ -числа  $\tilde{A}$ . Функция

$L\left(\frac{a_1 - x}{a_L}\right), 0 \leq \frac{a_1 - x}{a_L} \leq 1$  называется левой границей функции принадлежности толерантного

$(L-R)$ -числа  $\tilde{A}$ , а функция  $R\left(\frac{x - a_2}{a_R}\right),$

$0 \leq \frac{x - a_2}{a_R} \leq 1$  называется правой границей

функции принадлежности толерантного  $(L-R)$ -числа  $\tilde{A}$ . При  $a_L = 0$  предполагается,

что  $L\left(\frac{a_1 - x}{a_L}\right) = 0$ ; при  $a_R = 0$  предполагается,

что  $R\left(\frac{x - a_2}{a_R}\right) = 0$ . При  $a_1 = a_2$  нечеткое  $(L-R)$ -

число  $\tilde{A}$  называется унимодальным. Если  $L(x) = R(x) = 1 - x$ , то толерантное число называется  $T$ -числом, а унимодальное число называется нормальным треугольным числом. Доказано [3], что сумма и произведение чисел, принадлежащих  $\Lambda$ , тоже принадлежат  $\Lambda$ .

Необходимость построения совокупности  $\Lambda$  продиктована возможностью ис-

пользования элементов этой совокупности в качестве формализаций понятий, образующих ПОСП.

В [4] изложен метод построения ПОСП на основе апостериорной информации, полученной в результате оценивания экспертом проявлений качественного признака  $X$  у совокупности объектов. В рамках этого метода предполагается, что для оценивания признака используется вербальная шкала с уровнями  $X_l, l = \overline{1, m}$ , упорядоченными по возрастанию интенсивности признака.

Построение ПОСП с названием  $X$ , терм-множествами  $T(X) = \{X_1, X_2, \dots, X_m\}$  и универсальным множеством  $U = [0, 1]$  осуществляется исходя из соотношений между относительными числами  $a_l, l = \overline{1, m}$  объектов, проявления признака  $X$  у которых оценены, соответственно, уровнем  $X_l, l = \overline{1, m}$ ,  $\sum_{l=1}^m a_l = 1$ .

Предполагается, что нечеткие числа  $\tilde{X}_l, l = \overline{1, m}$  с функциями принадлежности  $\mu_l(x), l = \overline{1, m}$ , соответствующие терм-множествам  $X_l, l = \overline{1, m}$ , принадлежат совокупности  $\Lambda$  и удовлетворяют дополнительному условию:

1\*) если  $L(x), R(x)$  – нелинейные, то они имеют центральную симметрию относительно точки перегиба.

Построения функций принадлежности нечетких чисел  $\tilde{X}_l, l = \overline{1, m}$  осуществляются таким образом, чтобы площади фигур, ограниченных графиками этих функции и осью абсцисс, равнялись  $a_l, l = \overline{1, m}$ .

Функция принадлежности терм-множества  $X_m$  имеет следующий вид в зависимости от соотношений между числами  $a_{m-1}$  и  $a_m$ :

- 1) если  $a_m \leq a_{m-1}$ ,  
то  $\mu_m(x) \equiv \left(1 - \frac{a_m}{2}, 1, a_m, 0\right)$ ;
- 2) если  $a_m > a_{m-1}$ ,  
то  $\mu_m(x) \equiv \left(1 - a_m + \frac{a_{m-1}}{2}, 1, a_{m-1}, 0\right)$ .

Функция принадлежности терм-множества  $X_{m-1}$  имеет следующий вид в зависимости от соотношений между числами  $a_{m-2}, a_{m-1}$  и  $a_m$ :

- 1) если  $a_{m-1} \geq \max(a_m, a_{m-2})$ ,  
то  $\mu_{m-1}(x) \equiv \left(\sum_{l=1}^{m-2} a_l + \frac{a_{m-2}}{2}, 1 - \frac{3a_m}{2}, a_{m-2}, a_m\right)$ ;
- 2) если  $a_m < a_{m-1} < a_{m-2}$ ,  
то  $\mu_{m-1}(x) \equiv \left(1 - a_m - \frac{a_{m-1}}{2}, 1 - \frac{3a_m}{2}, a_{m-1}, a_m\right)$ ;
- 3) если  $a_{m-2} < a_{m-1} < a_m$ ,  
то  $\mu_{m-1}(x) \equiv \left(\sum_{l=1}^{m-2} a_l + \frac{a_{m-2}}{2}, 1 - a_m - \frac{a_{m-1}}{2}, a_{m-2}, a_{m-1}\right)$ ;
- 4) если  $a_{m-1} \leq \min(a_m, a_{m-2})$ ,  
то  $\mu_{m-1}(x) \equiv \left(1 - a_m - \frac{a_{m-1}}{2}, a_{m-1}, a_{m-1}\right)$ .

Причем левой границей функции принадлежности терм-множества  $X_{m-1}$  является функция  $R(x)$ , а правой границей функции принадлежности терм-множества  $X_{m-1}$  является функция  $L(x)$ . Аналогично  $\mu_{m-1}(x)$  строятся функции принадлежности  $\mu_l(x), l = \overline{2, m-2}$ .

Функция принадлежности терм-множества  $X_1$  имеет следующий вид в зависимости от соотношений между числами  $a_1$  и  $a_2$ :

- 1) если  $a_1 \leq a_2$ , то  $\mu_1(x) \equiv \left(0, \frac{a_1}{2}, 0, a_1\right)$ ;
- 2) если  $a_1 > a_2$ , то  $\mu_1(x) \equiv \left(0, a_1 - \frac{a_2}{2}, 0, a_2\right)$ .

Если число терм-множеств ПОСП четное, то правой границей функции принадлежности терм-множества  $X_1$  является функция  $L(x)$ , а если число терм-множеств нечетное, то правой границей функции принадлежности терм-множества  $X_1$  является функция  $R(x)$ .

Метод может быть применен не только в рамках информации, полученной от эксперта непосредственно в результате оценивания им проявлений качественного признака у совокупности объектов, но и в рамках информации, полученной от эксперта на

основе его опыта проведения подобных процедур оценивания в прошлом.

В условиях большого числа оцениваемых объектов описанный метод не требует дополнительного привлечения экспертов и больших временных затрат для стандартных парных сравнений объектов друг с другом.

Разработан метод построения функций принадлежности ПОСП в рамках результатов, полученных при оценивании экспертом качественного признака у совокупности объектов[3]. Отличие от описанного выше метода состоит в том, что для оценивания признака применяется набор числовых баллов и требуется дополнительное привлечение эксперта для проведения стандартных парных сравнений. Метод позволяет не только построить ПОСП, терм-множества которого формализуют лингвистические значения оцениваемого признака, но и каждому из полученных результатов балльного оценивания поставить в соответствие одно из этих лингвистических значений.

В рамках разработанного метода дискретные значения функций принадлежности терм-множеств определяются на основе координат нормированных собственных векторов матриц парных сравнений, соответствующих максимальным собственным числам этих матриц. Полученные дискретные значения функций принадлежности терм-множеств интерполируются линейными функциями, в результате чего определяются функции принадлежности  $T$ -чисел или нормальных треугольных чисел, которые и являются функциями принадлежности терм-множеств построенного ПОСП.

Очевидно, что эти методы не применимы к построению ПОСП для количественных признаков. Этот пробел восполнен, и разработаны методы построения ПОСП на основе экспертного опроса, которые в равной мере могут применяться для формализаций лингвистических значений количественных и качественных признаков. Сразу следует отметить, что ПОСП, построенные в результате опроса экспертов, всегда будут обладать некоторым свойством уникально-

сти в том смысле, что они отражают суждения, мнения экспертов, использующих зачастую информацию, известную достаточно узкому кругу лиц.

Метод построения функций принадлежности терм-множеств ПОСП на основе прямого опроса единственного эксперта основывается на том, что эксперт для каждого терм-множества предлагает типичный интервал  $(x_l^1, x_l^2), l = \overline{1, m}$  универсального множества  $U = [a, b]$  (значение функций принадлежности соответствующего терм-множеств для всех точек этого интервала равно 1). Для некоторых терм-множеств типичными могут являться точки, а не интервалы.

Будем считать, что нечеткие числа, соответствующие терм-множествам ПОСП, являются  $\Lambda$ -числами и для функций  $L(x), R(x)$  выполняется дополнительное условие 1\*).

Обозначим за  $\mu_l(x), l = \overline{1, m}$  – функции принадлежности терм-множеств  $X_l, l = \overline{1, m}$ .

$$\text{Тогда } \mu_1(x) \equiv (a, x_1^1, 0, x_1^2 - x_1^1);$$

$$\mu_2(x) \equiv (x_2^1, x_2^2, x_2^1 - x_2^2, x_3^1 - x_2^2), \dots;$$

$$\mu_{m-1}(x) \equiv (x_{m-1}^1, x_{m-2}^2, x_{m-1}^1 - x_{m-2}^2, x_m^1 - x_{m-1}^2);$$

$$\mu_m(x) \equiv (x_m^1, 1, x_m^1 - x_{m-1}^2, b).$$

У функций принадлежности с нечетными индексами левой границей является функция  $R(x)$ , правой границей является функция  $L(x)$ , у функций принадлежности с четными индексами  $L(x)$  и  $R(x)$  меняются местами.

Метод построения функций принадлежности терм-множеств ПОСП на основе прямого опроса группы  $k$  экспертов отличается от метода построения функций принадлежности на основе прямого опроса единственного эксперта тем, что типичные интервалы определяются с помощью операции  $r$ -композиции интервалов. Операция  $r$ -композиции интервалов гарантирует возможность нахождения типичных интервалов при любых результатах опроса экспертов и определяется через операции объединения и пересечения следующим образом:

$$\left( \begin{matrix} k \\ r \end{matrix} \right) (x_i^1, x_i^2) = \bigcup_{i_1 \neq \dots \neq i_{k-r+1}} [(x_{i_1}^1, x_{i_1}^2) \cap \dots \cap (x_{i_{k-r+1}}^1, x_{i_{k-r+1}}^2)];$$

$$\binom{k}{r} (x_i^1, x_i^2) = \bigcap_{i_1 \neq \dots \neq i_r} [(x_{i_1}^1, x_{i_1}^2) \cup \dots \cup (x_{i_r}^1, x_{i_r}^2)].$$

Если эксперт по каким-либо причинам затрудняется определить типичные интервалы для терм-множеств ПОСП, то ему предлагается разбить универсальное множество  $U = [a, b]$  на непересекающиеся интервалы, каждый из которых соответствует одному из терм-множеств. Обозначим длину интервала, соответствующего терм-множеству  $X_l, l = \overline{1, m}$  через  $c_l, l = \overline{1, m}$ ,  $\sum_{l=1}^m c_l = b - a$ .

Построение функций принадлежности терм-множеств ПОСП осуществляется в зависимости от соотношений между  $c_l, l = \overline{1, m}$  и повторяет построение функций принадлежности терм-множеств ПОСП для качественных признаков при условии использования вербальных шкал для их оценивания.

В [5] построены множества формализаций (моделей) экспертного оценивания или описания признаков, определены операции для их элементов, определены сравнительные показатели и разработаны методы нечеткого кластерного анализа.

Построено множество  $\Xi^k$ , элементами которого являются  $k$  ПОСП  $X_i, i = \overline{1, k}$  с функциями принадлежности терм-множеств  $\{\mu_{il}(x), l = \overline{1, m}\}$ ,  $i = \overline{1, k}$ , и определены операции на этом множестве.

Определены сравнительные количественные показатели  $\tilde{\kappa}_{ij}^l, \tilde{\kappa}_{ij}, \kappa_{ij}^l, \kappa_{ij}, \kappa$ ,  $i = \overline{1, k}; j = \overline{1, k}; l = \overline{1, m}$  для элементов множества  $\Xi^k$ .

Показателем различия в рамках  $l$ -го терм-множества двух элементов множества  $\Xi^k$  с функциями принадлежности терм-множеств  $\{\mu_{il}(x), l = \overline{1, m}\}; \{\mu_{jl}(x), l = \overline{1, m}\}$ ,  $i = \overline{1, k}; j = \overline{1, k}$  называется  $d(\mu_{il}, \mu_{jl}) = \int_0^1 |\mu_{il}(x) - \mu_{jl}(x)| dx$ .

Показателем сходства в рамках  $l$ -го терм-множества двух элементов множества  $\Xi^k$  называется  $\tilde{\kappa}_{ij}^l = 1 - d(\mu_{il}, \mu_{jl})$ ,  $i = \overline{1, k}; j = \overline{1, k}$ .

Показателем различия двух элементов множества  $\Xi^k$  называется

$$d(X_i, X_j) = \frac{1}{2} \sum_{l=1}^m \int_0^1 |\mu_{il}(x) - \mu_{jl}(x)| dx, \quad i = \overline{1, k}, j = \overline{1, k}.$$

Этот показатель можно трактовать как среднюю потерю информации между  $i$ -м и  $j$ -м элементами множества  $\Xi^k$ .

Показателем сходства двух элементов множества  $\Xi^k$  называется  $\tilde{\kappa}_{ij} = 1 - d(X_i, X_j)$ ,  $i = \overline{1, k}, j = \overline{1, k}$ .

Показателем согласованности в рамках  $l$ -го терм-множества двух элементов множества  $\Xi^k$  называется

$$\kappa_{ij}^l = \frac{\int_0^1 \mu_{il}(x) \mu_{jl}(x) dx}{\int_0^1 (\mu_{il}(x) \cup \mu_{jl}(x)) dx}, \quad i = \overline{1, k}, j = \overline{1, k}.$$

Показателем согласованности двух элементов множества  $\Xi^k$  называется

$$\kappa_{ij} = \frac{1}{m} \sum_{l=1}^m \frac{\int_0^1 \mu_{il}(x) \mu_{jl}(x) dx}{\int_0^1 (\mu_{il}(x) \cup \mu_{jl}(x)) dx}.$$

Аддитивным и мультипликативным показателями общей согласованности элементов множества  $\Xi^k$  соответственно называются

$$\kappa = \frac{1}{m} \sum_{l=1}^m \frac{\int_0^1 \mu_{1l}(x) \mu_{2l}(x) \dots \mu_{kl}(x) dx}{\int_0^1 (\mu_{1l}(x) \cup \mu_{2l}(x) \cup \dots \cup \mu_{kl}(x)) dx},$$

$$\tilde{\kappa} = \sqrt[m]{\prod_{l=1}^m \frac{\int_0^1 \mu_{1l}(x) \mu_{2l}(x) \dots \mu_{kl}(x) dx}{\int_0^1 (\mu_{1l}(x) \cup \mu_{2l}(x) \cup \dots \cup \mu_{kl}(x)) dx}}.$$

Все определенные показатели меняются от 0 до 1.

Выбор показателя сходства или показателя согласованности при анализе информации зависит от поставленной задачи. Если ставится задача определения степени похожести двух элементов множества  $\Xi^k$  (двух ПОСП) в рамках терм-множеств с наибольшими носителями – множествами, на которых соответствующие функции принадлежности отличны от нуля, – то рекомендуется применение показателя сходства. Если ставится задача определения степени похожести двух элементов множества  $\Xi^k$  равномерно в рамках всех терм-множеств, независимо от величины их носителей, то рекомендуется применение показателя согласованности.

Доказано, что нечеткие множества  $R_1, R_2, R_3, R_4$  с функциями принадлежности со-

ответственно  $\mu_{R_1}(X_i, X_j) = \tilde{\kappa}_{ij}, \mu_{R_2}(X_i, X_j) = \kappa_{ij}, \mu_{R_3}(X_i, X_j) = \tilde{\kappa}_{ij}^l, \mu_{R_4}(X_i, X_j) = \kappa_{ij}^l, i = \overline{1, k}; j = \overline{1, k}; l = \overline{1, m}$  задают на  $\Xi^k$  нечеткие бинарные отношения сходства. Транзитивные замыкания  $\hat{R}_p, p = \overline{1, 4}$  нечетких бинарных отношений сходства  $R_p, p = \overline{1, 4}$  определяют на  $\Xi^k$  нечеткие бинарные отношения подобия и позволяют проводить нечеткий кластерный анализ множества  $\Xi^k$ .

Построено множество  $\Theta^k$ , элементами которого являются формализованные результаты оценивания  $k$  экспертами качественного признака у совокупности объектов, и определены операции на этом множестве.

Определены сравнительные количественные показатели  $\tilde{k}_{ij}, k_{ij}, i = \overline{1, k}; j = \overline{1, k}$  элементов множества  $\Theta^k$ . Пусть  $M_i = \{\mu_i^n, n = \overline{1, N}\}, i = \overline{1, k}$  – элементы множества  $\Theta^k$ ;

$\mu_i^n(x) = \mu_{il}(x), n = \overline{1, N}, l = \overline{1, m}, X_i = \{\mu_{il}, l = \overline{1, m}\}$  – ПОСП, построенное в рамках информации, полученной от  $i$ -го эксперта;  $N$  – число объектов оцениваемой совокупности.

Введем следующие обозначения:

$$\hat{K}_i = \max_j \int_0^1 \mu_{il}(x) dx; \hat{K}_j = \max_i \int_0^1 \mu_{il}(x) dx; i = \overline{1, k}, j = \overline{1, k}.$$

Показателем различия между  $i$ -м и  $j$ -м элементами множества  $\Theta^k$  называется

$$d(M_i, M_j) = \frac{1}{N(\hat{K}_i + \hat{K}_j)} \sum_{n=1}^N \int_0^1 |\mu_i^n(x) - \mu_j^n(x)| dx, i = \overline{1, k}; j = \overline{1, k}.$$

Показателем сходства между  $i$ -м и  $j$ -м элементами множества  $\Theta^k$  называется

$$\hat{k}_{ij} = 1 - d(M_i, M_j), i = \overline{1, k}; j = \overline{1, k}.$$

Показателем согласованности между  $i$ -м и  $j$ -м элементами множества  $\Theta^k$  называется

$$k_{ij} = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \frac{\int_0^1 \mu_i^n(x) \mu_j^n(x) dx}{\int_0^1 (\mu_i^n(x) \cup \mu_j^n(x)) dx}, i = \overline{1, k}; j = \overline{1, k}.$$

Аддитивным и мультипликативным показателями общей согласованности элементов множества  $\Theta^k$  соответственно называются

$$\kappa = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \frac{\int_0^1 \mu_1^n(x) \mu_2^n(x) \dots \mu_k^n(x) dx}{\int_0^1 (\mu_1^n(x) \cup \mu_2^n(x) \cup \dots \cup \mu_k^n(x)) dx},$$

$$\tilde{\kappa} = \sqrt[m]{\prod_{l=1}^m \frac{\int_0^1 \mu_{1l}(x) \mu_{2l}(x) \dots \mu_{kl}(x) dx}{\int_0^1 (\mu_{1l}(x) \cup \mu_{2l}(x) \cup \dots \cup \mu_{kl}(x)) dx}}.$$

Все определенные показатели меняются от 0 до 1.

Построенные показатели позволяют проводить сравнение элементов множеств  $\Xi^k$  и  $\Theta^k$  на объективных основаниях, поскольку они определены на основе их функций принадлежности.

Доказано, что нечеткие множества  $R_1, R_2$  с функциями принадлежности соответственно  $\mu_{R_1}(M_i, M_j) = \tilde{k}_{ij}; \mu_{R_2}(M_i, M_j) = k_{ij}, i = \overline{1, k}; j = \overline{1, k}$  задают на  $\Theta^k$  нечеткие бинарные отношения сходства. Транзитивные замыкания  $\hat{R}_1, \hat{R}_2$  нечетких бинарных отношений сходства  $R_1, R_2$  определяют на  $\Theta^k$  нечеткие бинарные отношения подобия и позволяют проводить нечеткий кластерный анализ множества  $\Theta^k$ .

Разработанные методы позволяют строить объективные сравнительные показатели формализованной нечеткой информации и на объективных основаниях осуществлять нечеткий кластер-анализ экспертной информации.

### Заключение

1. Разработаны методы построения функций принадлежности терм-множеств ПОСП, которые позволяют формализовать нечеткую экспертную информацию, полученную в результате оценивания качественных признаков или в результате описания в лингвистических терминах физических значений количественных признаков. Эти методы обеспечивают адекватное отображение знаний и опыта экспертов в моделях экспертного оценивания, позволяют контролировать качество экспертной информации (путем вычисления ее нечеткости) и применять аппарат теории нечетких множеств для ее дальнейшей обработки и анализа. Построена совокупность нечетких чисел, свойства функций принадлежности которых обеспе-

чивают успешность их использования в качестве формализаций образующих ПОСП понятий – формализаций лингвистических значений оцениваемых признаков.

2. Определены сравнительные количественные показатели на множествах моделей (формализаций) экспертного оценивания или описания признаков. Построенные показатели позволяют проводить сравнение моделей на объективных основаниях, поскольку они определены на основе функций принадлежности этих моделей.

3. Построены нечеткие отношения сходства и подобия на множествах моделей экспертного оценивания или описания признаков. Построенные отношения позволяют на объективных основаниях проводить при разных уровнях доверия нечеткий кластерный анализ этих множеств и, тем самым, изучать их структурный состав.

### Список литературы

1. Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта / А.Н. Аверкин, И.З. Батыршин, А.Ф. Блишун, В.Б. Силов, В.Б. Тарасов. – М.: Наука. Гл. ред. физ-мат. лит., 1986. – 312 с.
2. Рыжов А.П. Элементы теории нечетких множеств и измерения нечеткости. – М.: Диалог-МГУ, 1998. – 116 с.
3. Домрачев В.Г., Полещук О.М. О построении регрессионной модели при нечетких исходных данных // Автоматика и телемеханика. – 2003. – № 11. – С. 74 – 84.
4. Полещук О.М. Методы представления экспертной информации в виде совокупности термножеств полных ортогональных семантических пространств // Вестник Моск. гос. ун-та леса – Лесной вестник. – 2002. – № 5 (25). – С. 198 – 216.
5. Полещук О.М., Полещук И.А. Нечеткая кластеризация элементов множества полных ортогональных семантических пространств // Вестник Моск. гос. ун-та леса – Лесной вестник. – 2003. – № 1(26). – С. 117 – 127.

## ОБЗОР И АНАЛИЗ КОМПЬЮТЕРНЫХ СРЕДСТВ РАЗРАБОТКИ УЧЕБНЫХ КУРСОВ ДЛЯ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ

В.Г. ДОМРАЧЕВ, *проф. каф. электроники и микропроцессорной техники МГУЛа*,  
И.В. РЕТИНСКАЯ, *проф. каф. электроники и микропроцессорной техники МГУЛа*,  
Е.П. НЕШТА, *СЦНИТ, канд. техн. наук*,  
М.П. КУРНИКОВА, *инженер СЦНИТа*

В последнее время во всем мире наряду с традиционной формой обучения активно развивается дистанционное обучение (ДО). Отличительной чертой ДО является то, что взаимодействие между преподавателем и учащимся осуществляется посредством программно-аппаратных комплексов. Согласно [1] к особенностям сетевых обучающих программ можно отнести: комфортность и гибкость обучения, постоянное обновление учебных курсов, унификацию структуры и формы представления учебного материала, технологичность и доступность, приобретение навыков работы в современном виртуальном мире компьютерных систем, совместимость обучения с основным видом профессиональной деятельности, что предоставляет возможность обучения, переобуче-

ния или повышения квалификации без отрыва от основного вида деятельности.

Эта отличительная черта систем ДО является особенно ценной в современном, стремительно развивающемся информационном обществе. Все перечисленные особенности, несомненно, ведут к повышению качества образования, снижению материальных и временных затрат, развитию глобальной образовательной информационной инфраструктуры. Одновременно информационные услуги становятся все более индивидуальными. Индивидуализация учебного процесса является одной из веских причин для создания курсов ДО.

Создание системы ДО требует применения новых форм обучения. В основу модели ДО закладываются принципы нового

подхода к передаче информации с помощью информационных ресурсов сети Интернет. Важно, чтобы такие системы отличались гибкостью и платформонезависимостью. Поэтому, как правило, системы ДО строятся на основе блочно-модульного принципа – в виде файлов и модулей, образующих логико-иерархическую структуру.

Так же как и традиционные, учебные курсы ДО включают в себя:

- теоретический курс лекций;
- практический курс, содержащий в свою очередь:
- лабораторные работы;
- блок проверки и контроля знаний.

Анализ многочисленных информационных источников показывает, что современный, обобщенный, то есть не ограниченный требованиями со стороны какой-либо предметной области, сетевой курс может состоять из многочисленных компонент, которые, в свою очередь, могут быть функционально разбиты на несколько категорий:

- средства планирования и администрирования;
- учебные материалы и учебные задания;
- средства коммуникаций;
- средства тестирования и оценки знания;
- прочие компоненты.

Для оценки функциональных качеств *теоретического* курса ДО наиболее важными являются следующие характеристики: общая полнота курса, полное раскрытие темы, соответствие образовательному стандарту и рабочей программе курса, возможность навигации в системе – по оглавлению, по гиперссылкам из текста, по карте обучения; развитая система поиска, наличие ссылок на литературу или другие ресурсы сети, наличие словаря терминов.

Если говорить о *виртуальных лабораториях*, то последовательность их выполнения состоит из выдачи заданий, выдачи измерений входных данных, измерения параметров, обработки и анализа результатов.

Важным элементом системы ДО является аутентификация пользователя. Во

время этой процедуры происходит идентификация IP-адреса пользователя, его регистрация в системе: запрашивается пароль и имя пользователя. В соответствии с полученными данными о пользователе формируется сессия – сеанс связи. Каждый пользователь относится к определенной группе, изучающей курсы определенной длительности под руководством конкретного преподавателя.

В любой системе образования ключевым моментом является проведение контроля знаний, т. е. тестирование, которое в системе ДО возможно как с участием преподавателя, так и без него. *Тесты* должны содержать:

- вопросы к теме с учетом полноты охвата материала;
  - варианты ответов: возможны как альтернативный, так и множественный выбор, а также произвольная вставка слов в шаблон;
  - результаты тестирования: дата тестирования, фамилия, студент, тема, результат тестирования.
- Желательно, чтобы в данном модуле были реализованы возможности:
- установки уровней сложности вопросов;
  - ограничения времени тестирования по теме;
  - использования в вопросах графических объектов или формул;
  - гибкой настройки режимов оценивания.

Для реализации всех этих возможностей в системе необходимо тщательно подойти к процессу выбора среды разработки курсов ДО. При выборе следует учитывать характеристики качества ПС [2].

В данной работе рассматриваются некоторые среды разработки систем ДО.

Центральное место в любой технологии образования занимает учебный курс. Его содержание, отдельные разделы и компоненты, функциональные возможности, а также технологии его преподавания и изучения оказывают значительное влияние на качество обучения по данному курсу. Функ-



циональная сложность курсов зависит от конкретных целей обучающихся.

В настоящее время согласно [1] можно выделить 3 категории сложности сетевых курсов.

На *первом уровне* – минимальной функциональной сложности – обычно используют простые средства:

- конвертирование традиционных учебников в PDF-формат;
- специализированные HTML-редакторы;
- простейшие средства коммуникации, такие, как телефон, факс, электронная почта;
- средства навигации и поиска информации в системе Интернет.

На самом деле, трудно отнести эту систему к принципиально новой сетевой технологии образования.

На *втором уровне* используются современные мощные программные средства:

- on-line библиотеки, которые значительно обогащают содержание, функциональную полноту сетевых курсов;
- on-line базы данных часто повторяемых вопросов и ответов, тестов и т. д.;
- средства создания карт курсов с гиперсвязями между их частями.

Следует отметить, что информационным источником для обучающихся становится не только один преподаватель. Появляется доступ к мультимедийным, постоянно обновляемым учебникам с гипертекстовыми ссылками на http- и ftp-сайты с коллекциями научных статей и приложений, сайты с использованием виртуальных лабораторий для моделирования изучаемых процессов.

На *третьем уровне* предполагается использование интегрированных сред, сетевых коммуникаций, которые позволили бы избежать многочисленных конфликтов между разработанными отдельными компаниями техническими и программными средствами.

На сегодняшний день для разработчиков сетевых обучающих курсов имеется несколько альтернатив:

1) использовать уже готовые оболочки известных фирм;

2) разрабатывать собственный дизайн и шаблоны, используя языки программирования для Интернета.

В настоящее время, как указано в [3], существует достаточно много классов ПС, в том числе сред для разработки курсов ДО. Из отечественных сред выделим «Прометей» и «Гиперметод». Число известных авторам зарубежных оболочек составляет более 40, описания которых можно найти на сайте <http://www.edutools.info>. Некоторые, наиболее популярные среды, описываются в данной статье.

Macromedia AuthorWare 6.0 (<http://www.macromedia.com>) представляет собой пакет инструментальных средств разработки информационных систем, включающий главный модуль, а также типовые шаблоны готовых решений и примеры их реализации. Пакет имеет интуитивный визуальный интерфейс, поддерживающий технологию drag-and-drop и не требующий классического программирования. AuthorWare содержит редактор объектов интерфейса, дающий возможность создавать интерактивные кнопки, полосы прокрутки, радиокнопки и т. д.

Механизм загрузки сегментов курсов через Интернет основан на потоковой технологии (Advanced Streaming), что существенно сокращает время загрузки страниц. Поддерживаются технологии ActiveX, OLE, связь с ODBC. Имеется поддержка векторной графики и анимации, а также организована их синхронизация. Модуль проверки знаний позволяет создавать тесты с множественным выбором. Хотя данный продукт хорошо приспособлен к публикации курсов и созданию модуля проверки знаний, его возможности в полной мере не позволяют создавать полноценные виртуальные лаборатории.

IconAuthor 7.6 (<http://www.asymetrix.com>) является неплохим решением не только для начинающих разработчиков курсов ДО, но и для тех, кто имеет большой опыт разработки

подобных приложений. В процессе создания обучающего приложения программирование не используется. IconAuthor содержит визуальные средства Visual Tools, удобно сочетающиеся с редактором, позволяющим верстать содержимое текущего кадра. Визуальные средства дают возможность представлять последовательность обучающих кадров в виде блок-схемы, что значительно облегчает управление процессом создания обучающих курсов. Поддерживается технология работы с базами данных, в частности SQL. К минусам можно отнести относительно высокую цену программного продукта.

Plug-in IconAuthor'a – программа Asymmetric Engenizer, в отличие от рассмотренных ранее, позволяет разработчику самому писать программный код для различных событий приложения. Она дает возможность создавать упражнения, облегчает построение многовопросных сложных тестовых систем, автоматизирует создание навигационных и справочно-информационных систем, позволяющих получать доступ с помощью forward, back, menu, goto и т. д.

Продукт британской компании Illuminatus (<http://digitalworkshop.co.uk>) по сути является средством создания электронных публикаций, хотя его разработчики позиционируют его как средство для автоматизации процесса создания обучающих курсов. Единственная реализация данной возможности средствами Illuminatus представлена в форме последовательной смены кадров: обучаемому выдается первый кадр, например, с вопросом и несколькими вариантами ответов. В зависимости от выбора того или иного ответа выдается следующий кадр и так далее. Осуществлять контроль знаний программа не позволяет.

Известный пакет Mathcad может быть использован в ДО для создания электронных книг. Документы электронной книги образуют определенную последовательность, аналогично главам обычной книги. Кроме того, они позволяют встраивать формулы и другие объекты Mathcad. Однако электронные книги Mathcad нельзя в полной мере на-

зывать обучающими курсами, так как в них обучающийся находится в положении пассивного наблюдателя и не имеет возможности принимать непосредственное участие в том или ином процессе.

С помощью средства PHOENIX NetWorks (<http://www.pathlore.com>) можно создавать обучающие презентации и экзаменационные тесты, администрировать процесс обучения, централизованно собирать и обрабатывать статистику по обучаемым. Пакет поддерживает технологии OLE, ActiveX. Данные для обучения хранятся на сервере SQL. Пакет содержит компоненты, позволяющие индивидуализировать учебный процесс. В частности, в зависимости от усвоения знаний, для обучающегося генерируется дальнейший материал.

Программа Quest Net+ (<http://www.allencom.com/>) предназначена для создания и прослушивания учебных курсов произвольного содержания с широким использованием мультимедийных данных – видео, звука, графики, анимации и т. д.; электронных журналов, компьютерных игр и т. д. Менеджер Quest позволяет разработчику системы в ходе процесса обучения получать доступ к материалам курсов, управлять процессом перераспределения обучающих курсов между студентами в зависимости от их успехов, а также генерировать файлы отчетов уровня усвоения знаний обучающимися. В режиме редактирования фрейма содержится множество вкладок, каждая из которых предназначена для редактирования того или иного типа информационных ресурсов – анимация, видео, звук и др. Помимо закладок в модуль входят редактор меню, библиотекарь и отладчик.

Одной из самых мощных систем согласно [4] для создания курсов ДО является Learning Space подразделения Lotus корпорации IBM. Данная среда является многоплатформенной, что является ее несомненным преимуществом. Существенным недостатком пакета является высокая сложность разработки компьютерных лабораторных работ.

Согласно [4] Learning Space представляет собой распределенную среду поддержки процесса обучения, которая обеспечивает:

- создание интерактивных курсов;
- публикацию курсов;
- администрирование учебного процесса;
- групповое общение слушателей;
- создание коллекций курсов, личных дел студентов;
- проведение учебного процесса в синхронном и асинхронном режимах, а также в режиме самообучения;
- организацию «виртуальных университетов», которые объединяют в одной структуре множество курсов с возможностью разностороннего администрирования и управления.

Кроме того, передача мультимедийной информации в компьютерной сети накладывает определенные требования на сетевое оборудование.

Типичными для такой системы, являются следующие уровни:

- регистрация пользователя непосредственно со своего рабочего места;
- управление учебным процессом;
- тестирование знаний;
- информация об успеваемости обучающихся;
- создание и поддержка работы учебных курсов.

Однако для создания специфических модулей, например, лабораторных работ, необходимо разрабатывать собственное программное обеспечение, что является достаточно сложным процессом.

Контроль знаний осуществляется путем создания специальных тестовых заданий. Вопросы для тестов выбираются из базы данных случайным образом. Ответы проверяются как автоматически, так и преподавателем. На основании полученных ответов система проверки знаний получает информацию по уровню успеваемости обучающихся.

Учебные материалы предоставляются, в основном, в виде обычных Web-

страниц. Несмотря на то, что в системе имеются возможности использования мультимедийных материалов, в настоящее время они применяются мало из-за несоответствия уровню коммуникационной среды.

Из отечественных сред разработки систем ДО широко известен пакет инструментальных средств разработки информационных систем «Гиперметод 3.5» (<http://www.hypermethod.ru>), включающий несколько программных компонентов и функционирующий в среде операционной системы Microsoft Windows. Основными особенностями пакета «Гиперметод» являются: автоматическая расстановка связей в документах по заданным разработчиком правилам, автоматизация анализа исходной информации, наличие автоматизированных средств создания и поддержки структуры разрабатываемой информационной системы, автоматизация процесса проверки и анализа структуры созданной информационной системы, использование событийно-ориентированного Script-языка для управления поведением. Обычно такая необходимость возникает при создании сложных информационных систем, в которых требуется описать собственное поведение объектов и элементов. «Гиперметод» позволяет включать в разрабатываемые приложения как мультимедийные составляющие (MPEG, AVI, QuickTime, MP3, MIDI, WAV), так и Интернет-ресурсы – HTML-страницы, Flash-анимацию. Также в пакет включены средства генерации SQL-запросов. Данный продукт не уступает зарубежным аналогам, но имеет более низкую стоимость по сравнению с ними.

Так же весьма мощной и законченной отечественной системой, специально предназначенной для создания и работы с Web для дистанционного образования, является «Прометей» (<http://www.prometeus.ru/>). В «Прометей» встроены развитые административные функции, которые позволяют подготавливать Web-публикации и организовывать учебный процесс. В последней версии в состав системы введена возможность поддержки учебных планов обучающихся, осу-

ществление административных функций через Web-интерфейс, возможность объединения нескольких курсов.

«Прометей» реализован в виде ASP-приложения, его серверная часть работает на платформе Windows NT/2000. Для хранения данных учебного процесса используется MS SQL Server.

Как указано в [4], система «Прометей» позволяет:

- создавать и поддерживать Web-узел системы дистанционного обучения;
- администрировать созданный узел;
- управлять регистрацией;
- обеспечивать доступ пользователей;
- проводить организацию обучающихся в группы;
- распределять нагрузку преподавателей учебных часов;
- обеспечивать полный доступ к информации и обмен ею между участниками системы;
- проводить электронные конференции;
- разрабатывать новые учебные курсы и обеспечивать прямое тестирование обучающихся;
- поддерживать систему контроля знаний.

В систему встроены разнообразные средства общения, включая доски объявлений, обмен информацией, использование электронной почты, форумы, книгу предложений, возможность общения.

«Прометей» имеет модульную архитектуру, что позволяет легко модернизировать его. Разработчик может создать структуру курса, а затем заполнить ее содержимым – текстом, иллюстрациями, мультимедийными файлами, гиперссылками и т. д. По завершении работы курс переводится в HTML-формат, причем все рутинные операции – построение оглавлений, взаимные ссылки между разделами и т. д. – выполняются автоматически.

«Прометей» создавался как Web-система для создания дистанционных курсов. Однако в «Прометее» в настоящий момент отсутствует средства поддержки практических и лабораторных занятий.

Таким образом, как видно из представленного обзора, каждое из решений имеет свои достоинства и недостатки. Как правило, чем более сложен инструмент в использовании, тем он более гибок. Весь вопрос в том, какая степень гибкости окажется достаточной для достижения того или иного уровня знаний, умений и навыков. В любом случае, выбор среды разработки необходимо производить с учетом круга задач, сложности проекта и возможности приобретения готовых сред.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 01-07-90463.

### Список литературы

1. Зайцева Ж.Н., Рубин Ю.Б., Титарев Л.Г. и др. Открытое образование – стратегия XXI века для России / Под ред. В.М. Филиппова, В.П. Тихомирова. – М.: МЭСИ, 2000. – 356 с.
2. Домрачев В.Г., Нешта Е.П., Ретинская И.В. База характеристик качества ПС и их сертификация // Информационные, сетевые и телекоммуникационные технологии: Сб. науч. тр. МИЭМ – М.: МИЭМ, 2001. – С. 119–126.
3. Домрачев В.Г., Нешта Е.П., Ретинская И.В. Автоматическая классификация программного обеспечения на основе рубрикатора программных средств // Информационные, сетевые и телекоммуникационные технологии: Сб. науч. тр. МИЭМ – М.: МИЭМ, 2001. – С. 112–119.
4. Тихонов А.И. Инструментальные средства для создания Web-ИПСУН – [http://twm.mpei.ac.ru/ochkov/SSO/Web\\_Tools\\_Tichonov.html](http://twm.mpei.ac.ru/ochkov/SSO/Web_Tools_Tichonov.html).
5. <http://www.prometeus.ru>.
6. <http://www.hypermethod.ru>.
7. <http://www.allencom.com>.
8. <http://digitalworkshop.co.uk>.
9. <http://www.pathlore.com>.
10. <http://www.asymetrix.com>.
11. <http://www.macromedia.com>.
12. <http://www.edutools.info>.

## ФОРМАЛИЗОВАННЫЙ ПОДХОД К МОДЕРНИЗАЦИИ ЛОКАЛЬНОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ

И.В. АНТОШИНА, доц. каф. электроники и микропроцессорной техники МГУЛа,  
В.Г. ДОМРАЧЕВ, проф. каф. электроники и микропроцессорной техники МГУЛа,  
И.В. РЕТИНСКАЯ, проф. каф. электроники и микропроцессорной техники МГУЛа

Располагая даже небольшим числом компьютеров, многие организации объединяют их в локальную вычислительную сеть. Как известно, это позволяет получить ряд преимуществ по сравнению с их автономным использованием. Локальная вычислительная сеть (в дальнейшем, просто – сеть) дает возможность совместно эксплуатировать дорогостоящие аппаратные и программные средства, оперативно обмениваться информацией, вести распределенную обработку данных, получать доступ к разнообразным службам сети и многое другое.

Администратору сети из-за быстрого развития компьютерных технологий приходится периодически ее модернизировать, отвечая на вопросы: как часто надо проводить модернизацию, всегда ли это необходимо, что конкретно подлежит модернизации. В настоящее время администратор сети, как правило, принимает решение на интуитивном уровне [1 – 4].

В статье предложен подход к принятию формализованного решения о модернизации локальной вычислительной сети. В конечном итоге, его применение к проблеме модернизации сети позволяет избежать необоснованных трат денежных средств. Понятно, что модернизация локальной сети требует значительных финансовых вложений. Поэтому, с экономической точки зрения, локальную сеть надо эксплуатировать в неизменном виде настолько долго, пока она позволяет эффективно решать весь спектр задач организации. Если используемая сеть, даже не в полном объеме отвечающая современным требованиям, вполне подходит для выполняемых работ, то ее модерниза-

цию можно отложить до возникновения реальной необходимости в ее проведении. Предлагаемый подход позволяет принять решение о необходимости модернизации сети именно тогда, когда в этом действительно возникает объективная необходимость, основанная на требованиях рабочего процесса организации к качеству функционирования сети.

В соответствии с предложенным подходом надо провести сравнение фактического качества функционирования сети с минимально необходимым качеством для эффективного выполнения работы. Для того чтобы иметь возможность сравнения, нужно выработать систему показателей качества функционирования сети. В этом случае минимальные потребности рабочего процесса могли бы быть представлены совокупностью пороговых значений таких показателей. Сравнив фактические значения показателей качества функционирования сети с пороговыми, администратор смог бы не только принять обоснованное решение о необходимости модернизации сети, но и о том, что конкретно нуждается в модернизации. Общепринятая система показателей качества функционирования сети на сегодняшний день отсутствует.

Приступая к обсуждению показателей, договоримся о том, что будем понимать под понятием «сеть». Условимся, что прикладное программное обеспечение не будем рассматривать как часть сети, так как выбор прикладных программных средств – самостоятельная и емкая задача [5, 6]. Тогда компьютерная сеть – это сложная система, состоящая из конечных узлов (компьюте-

ров), коммуникационного оборудования и сетевой операционной системы.

Переходим к рассмотрению предлагаемых показателей качества функционирования сети. Система показателей имеет иерархическую структуру, где показатели высших уровней более полно раскрываются в показателях своих подуровней.

## 1. Производительность сети

Главным требованием пользователя является быстрая работа сетевых приложений. Скорость их работы зависит от качества алгоритмов, реализованных в приложениях, и от производительности сети. Производительность сети является комплексным показателем, который может быть охарактеризован единичными показателями, представленными на нижних уровнях иерархической системы.

### 1.1. Производительность компьютеров сети

Этот показатель определяет качество компьютеров сети. Качество компьютеров должно соответствовать потребностям рабочего процесса. Так минимальные требования к комплектации компьютеров, как правило, диктуются необходимым для работы программным обеспечением. Потребность в различных видах периферийных устройств – принтеры, сканеры, плоттеры и т. д. – вытекает из специфики рабочего процесса организации. Показатель «Производительность компьютеров» должен быть конкретизирован на подуровнях такими показателями производительности компьютеров, как тактовая частота, объем оперативной памяти и т.д.

### 1.2. Производительность сетевого оборудования

#### 1.2.1. Пропускная способность сети

Пропускная способность показывает, сколько бит данных передается по сети в единицу времени.

#### 1.2.2. Задержка передачи

Задержка передачи показывает интервал времени между поступлением кадра на вход сетевого устройства или части сети и появлением его на выходе. Измеряется в

секундах. Так как задержка передачи зависит от конкретного отправителя и получателя, а также от загруженности сети, то она может характеризоваться максимальной задержкой передачи и вариацией задержки.

### 1.3. Эффективность используемых протоколов

#### 1.3.1. Полезная пропускная способность сети

Полезная пропускная способность – это скорость передачи пользовательских данных в поле данных кадра. Она всегда меньше номинальной пропускной способности (см. п. 1.2.1) за счет служебных заголовков протоколов, ожидания доступа к среде и межкадровых интервалов. Единицей измерения является бит/с.

#### 1.3.2. Задержка доступа к среде

Этот показатель показывает, как долго конечный узел ожидает, прежде чем ему удастся передать кадр в сеть. Задержка зависит от используемого в сети алгоритма получения доступа к среде, которая определяется протоколом канального уровня, и от числа конечных узлов в сети. Значение этого показателя измеряется в секундах. Задержка доступа является случайной величиной и может быть охарактеризована максимальной задержкой и вариацией задержки доступа к среде передачи.

### 1.4. Коэффициент использования сети

Коэффициент использования сети равен отношению мгновенной пропускной способности сети к ее максимальной пропускной способности. Чем значение этого показателя ближе к единице, тем хуже функционирует сеть. Если среднее значение коэффициента использования сети больше 0,5, то такая сеть нуждается в модернизации. Желательно, чтобы значение этого показателя не превышало 0,3.

## 2. Надежность

Надежная передача данных является важнейшим требованием пользователя, работающего в сети.

### 2.1. Коэффициент готовности сети

Коэффициент готовности сети рассчитывается как отношение суммарного

промежутка времени, на протяжении которого сеть готова к работе, к промежутку времени наблюдения. Время наблюдения должно быть достаточно большим.

### 2.2. Отказоустойчивость сети

Под отказоустойчивостью понимается возможность сети сохранять работоспособность при отказе элементов сети. Отказоустойчивость может быть достигнута за счет избыточности системы.

#### 2.2.1. Отказоустойчивость кабельной системы

Значение этого показателя повышается за счет введения избыточности кабельной системы сети. Предлагается оценивать этот показатель по формуле

$$I_{\text{каб}} = \frac{\sum_{j=1}^n i_j}{n},$$

где  $I_{\text{каб}}$  – отказоустойчивость кабельной системы;

$n$  – число отрезков кабеля в кабельной системе сети;

$i_j$  – отказоустойчивость  $j$ -го отрезка кабеля, этот показатель предлагается оценивать следующим образом:

Последствия обрыва $j$ -го отрезка кабеля	Значение показателя $i_j$
Последствия отсутствуют: отрезок кабеля дублирован другими связями	0
Недоступен отдельный конечный узел сети	0,05
Локализация небольшого сегмента сети	0,25
Локализации большого сегмента сети	0,75
Сеть неработоспособна	1

Таким образом, значение отказоустойчивости кабельной системы сети лежит на отрезке  $[0; 1]$ . Это значение равно 1, если обрыв любого отрезка кабеля не влияет на работоспособность сети, и 0 – если обрыв любого отрезка приводит к отказу всей сети.

#### 2.2.2. Отказоустойчивость сети при некорректной работе узла

Достигается за счет автоматического отключения от сети некорректно работающего узла. Эта функция может выполняться концентраторами. Значение этого показателя предлагается оценивать отношением числа конечных узлов, которые могут быть автоматически отключены при некорректной работе, к общему числу конечных узлов сети.

### 2.3. Вероятность потери кадра в сети

Потеря кадра может произойти по различным причинам. Например, при несовпадении контрольной суммы, переполнении буфера промежуточных узлов передачи и т. д. Администратор может рассматривать этот показатель как комплексный, складывающийся из вероятностей потери кадра по каждой из возможных причин.

### 2.4. Вероятность искажения данных в сети

Этот показатель качества рассчитывается как вероятность искажения одного бита переданной в сеть информации. Администратор может рассматривать этот показатель как комплексный, так как на его значение влияет помехоустойчивость линий связи, уровень помех на линии и т. д.

## 3. Безопасность сети

Этот комплексный показатель качества отражает способность сети защитить данные от несанкционированного доступа.

### 3.1. Защита информации на сетевом уровне

#### 3.1.1. Шифрование данных

Шифрование данных позволяет защитить информацию от несанкционированного доступа.

##### 3.1.1.1. Режим шифрования данных

Существует два режима шифрования данных: транспортный и туннельный. В транспортном режиме шифруются непосредственно данные пользователя, а заголовок сетевого уровня остается незашифрованным. Этот режим не позволяет скрыть информацию об отправителе и получателе кадра. В туннельном режиме шифруется весь кадр, включая и заголовок сетевого

уровня, а вместо адресов в заголовок кадра помещаются адреса межсетевого экрана.

Показатель «Режим шифрования» может быть оценен по вербальной шкале:

Режим шифрования данных	Значение показателя
Отсутствие возможности шифрования	0
Транспортный режим	1
Туннельный режим	2

### 3.1.1.2. Размер ключа

Этот показатель измеряется в битах и позволяет сделать вывод о прочности алгоритма шифрования. Чем больше размер ключа, тем более прочен алгоритм.

### 3.1.1.3. Частота изменения ключа

Чем чаще производится замена ключа, тем тяжелее злоумышленнику расшифровать информацию.

### 3.1.1.4. Скорость алгоритма шифрования

Шифрование данных требует дополнительных временных затрат. Чем сложнее алгоритм, тем больше времени требуется на его исполнение. Поэтому следует выбирать алгоритм по сложности адекватный секретности передаваемых данных.

### 3.1.2. Аутентификация

Аутентификация позволяет установить авторство документа и защитить его от преднамеренного искажения.

### 3.1.2.1. Размер ключа

Чем больше размер ключа, тем прочнее алгоритм аутентификации.

### 3.1.2.2. Частота изменения ключа

### 3.1.2.3. Скорость алгоритма аутентификации

## 3.2. Защита информации на канальном уровне

### 3.2.1. Использование метода искажения поля данных

Некоторые концентраторы искажают поле данных кадра, всем отправляя его конечным узлам сети, кроме узла, – получателя. Этот показатель можно оценить по двухбалльной шкале: 1 – метод используется; 0 – не используется.

### 3.2.2. Использование информации о MAC-адресах конечных узлов

Концентраторы могут хранить информацию о том, устройство с каким MAC-адресом подключено к каждому из его портов. Если MAC-адрес отправителя не закреплен за портом, откуда поступают данные, то такие данные будут отброшены. Этот показатель можно оценить по двухбалльной шкале, по аналогии с предыдущим показателем.

## 4. Расширяемость сети

### 4.1. Отношение числа конечных узлов локальной сети к максимально возможному для используемой технологии

Этот показатель расширяемости характеризует возможность дальнейшего наращивания числа конечных узлов сети. Его значение лежит на интервале [0; 1]. Чем ближе значение к единице, тем меньше число узлов можно нарастить в данной сети.

### 4.2. Отношение фактического диаметра сети к максимально возможному для используемой технологии

Этот показатель расширяемости характеризует возможность дальнейшего территориального расширения сети. Его значение принадлежит интервалу [0; 1]. Чем ближе значение к единице, тем меньше возможность охватить сеть большую территорию.

### 4.3. Оснащение каждого рабочего места розетками для подключения компьютера

При создании сети желательно каждое рабочее место оснастить розетками для подключения компьютера в сеть, даже если оно не оснащено компьютером на данный момент. Эта мера позволит в дальнейшем без дополнительных затрат расширять локальную сеть организации.

### 4.4. Масштабируемость

Масштабируемость сети подразумевает ее расширяемость в широких пределах без значительного ухудшения качества ее работы в рамках используемой технологии. Этот показатель оценивается по двухбалльной шкале: 1 – сеть обладает хорошей масштабируемостью; 0 – в противном случае.



## 5. Удобство сети

### 5.1. Прозрачность сети

Одним из девизов развития сетевых технологий является следующее высказывание: «Сеть – это компьютер». Под прозрачностью сети понимается, что пользователь может работать с удаленными ресурсами, как и с локальными, т.е. используя те же программы, команды и т.п.

Предлагается оценивать прозрачность по вербальной шкале:

Уровень прозрачности	Значение показателя
Прозрачность сети не достигнута	0
Достигнута прозрачность на уровне пользователя	1
Достигнута прозрачность на уровне программиста	2

Прозрачность с точки зрения пользователя достигнута, если пользователь, работая с сетевыми приложениями, использует одни и те же команды для работы с локальными и удаленными ресурсами. Прозрачность с точки зрения программиста подразумевает, что программист, работая над текстом программы, использует одни и те же функции и процедуры для оперирования локальными и сетевыми ресурсами.

### 5.2. Удобство обслуживания

#### 5.2.1. Деление сети на логические сегменты

Деление сети на логические сегменты дает ряд преимуществ, например, увеличение пропускной способности каждого сегмента. Кроме того, администратору проще обслуживать такую сеть.

#### 5.2.2. Структурированность кабельной системы

Структурированная кабельная система – совокупность коммуникационного оборудования, позволяющая создать легко расширяемую структуру сети. В такой сети легче выявить повреждение кабельной системы.

#### 5.2.3. Управляемость

Даже небольшая сеть должна иметь средства контроля и управления, которые позволяли бы выявить возникшие проблемы

и устранить их. Показатели следующего уровня раскрывают, какими функциями должны обладать такие средства.

#### 5.2.3.1. Доля служебного трафика

При функционировании система контроля и управления сети обменивается служебными данными с узлами сети. Чем интенсивней происходит обмен информацией, тем свежее информация, на основе которой принимается решение системой, и в то же время служебный трафик «съедает» пропускную способность сети.

#### 5.2.3.2. Централизованный контроль состояния основных элементов сети

Система контроля отслеживает работоспособность сетевого оборудования и конечных узлов.

#### 5.2.3.3. Централизованный анализ производительности сети

Система контроля анализирует производительность сети.

#### 5.2.3.4. Управление конфигурацией

Этот показатель характеризует наличие возможности системы контроля и управления сети, в случае необходимости управлять конфигурацией сети, например, подключать резервную линию связи при выходе из строя основной.

#### 5.2.3.5. Накопление статистических данных

Оценивается наличие возможности накопления разнообразных статистических данных. Этот показатель можно представить как комплексный, раскрывая различные виды статистик. Например, уровень широковещательного трафика, уровень коллизий, основные узлы-отправители.

#### 5.2.3.6. Возможность генерации тестового трафика

Этот показатель характеризует возможность системы управления и контроля состояния сети генерировать тестовый трафик.

## 6. Поддержка передачи различных видов трафика

### 6.1. Возможность присвоения трафику различных приоритетов

Сети в течение длительного времени передавали только традиционный компьютерный трафик, например, данные файловой службы, электронной почты и другие данные, мало чувствительные к сетевым задержкам. В настоящее время возникла необходимость передачи по сети мультимедийного трафика и трафика сетевых приложений реального времени, который весьма чувствителен к задержкам в сети. Поэтому важно, чтобы различные виды трафика в сети обрабатывались по-разному.

Предлагается оценивать этот показатель по вербальной шкале:

Поддержка разноприоритетного трафика	Значение показателя
Сеть не поддерживает приоритеты трафика	0
Сеть полностью блокирует низкоприоритетный трафик при наличии высокоприоритетного	1
Сеть передает $n$ ( $n > 1$ ) высокоприоритетных кадров на один низкоприоритетный	2

### 6.2. Число уровней приоритета, обслуживающихся в сети

Сетевые протоколы предписывают сетевому оборудованию обрабатывать 8 и даже 16 уровней приоритета трафика. Однако промежуточные узлы обычно не поддерживают более четырех очередей трафика, так что фактическое число уровней задается возможностями аппаратного обеспечения сети.

Подведем краткие итоги сказанного. Предложенные показатели качества локальных вычислительных сетей позволяют провести анализ соответствия качества функционирования локальной сети требованиям рабочего процесса организации. Однако приведенная система показателей качества не претендует на абсолютную полноту. Так, список показателей может быть расширен, или приведенные показатели могут быть в большей степени детализированы на нижнем подуровне.

Для принятия решения о необходимости модернизации сети необходимо оце-

нить минимально приемлемое (пороговое) для конкретного рабочего процесса значение каждого показателя качества сети и сравнить его с имеющим место значением. Если фактические значения всех показателей качества не хуже их пороговых значений, то модернизация такой сети не требуется, в противном случае – модернизация необходима. Показатели, фактические значения которых хуже пороговых, указывают на то, в каком направлении должна быть проведена модернизация локальной сети организации.

Если после проведенного анализа стало ясно, что сеть нуждается в модернизации, администратор должен постараться не только удовлетворить текущие потребности, но и создать некоторый задел на будущее. Однако, учитывая быстрое моральное устаревание компьютерной техники, он не должен стремиться за новейшими дорогостоящими разработками.

В заключение отметим, что предложенный подход позволяет принимать не интуитивное, а обоснованное – формализованное – решение о необходимости и направлении модернизации локальной сети организации.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ 02-07-90026, 01-07-90463.

### Список литературы

1. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы. – СПб.: Питер, 2001.
2. Спортак М.А. и др. Высокопроизводительные сети: Энциклопедия пользователя. – Киев: Диасофт, 1998.
3. Стерн, Монти. Сети предприятий на основе Windows NT для профессионалов. – СПб: Питер, 1999.
4. Семенов Ю.А. Сети Интернет. Архитектура и протоколы. – М.: Изд-во «Блик плюс», 1998.
5. Антошина И.В., Домрачев В.Г. Ретинская И.В. Методика составления системы характеристик качества для программных средств // Качество, инновации, образование. – 2002. – № 3. – С. 57–60.
6. Антошина И.В., Домрачев В.Г. Ретинская И.В. Обзор методов оценки качества и выбора программных средств // Индустрия образования: Сб. – Вып. 6. – М.: ГОСНИИСИ, 2002. – С. 140–149.

## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ВЕРОЯТНОСТИ ПОВРЕЖДЕНИЯ РАСТИТЕЛЬНЫХ КОМПОНЕНТОВ ЛЕСА В ПРОЦЕССЕ ТРЕЛЕВКИ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБАХ ЗАХВАТА ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ

Э.Ф. ГЕРЦ, *Уральский государственный лесотехнический университет*

Непрерывное возрастание значимости нематематических функций леса обуславливает необходимость выполнения рубок, как при уходе, так и при главном пользовании, с максимальным сохранением всех его компонентов. В той или иной степени при проведении рубок повреждаются все компоненты леса, включая деревья, оставляемые на доращивание, подрост, подлесок, живой напочвенный покров и почву. Степень их повреждения определяет лесоводственный эффект рубок, количество и качество древесины, которое может быть получено по окончании цикла лесовыращивания, а также степень выполнения насаждением средообразующих и рекреационных функций. Риски повреждения компонентов леса существуют при выполнении каждой операции, но большая часть повреждений приходится на трелевку.

В полной мере это относится к процессу лесозаготовок механизированной системой машин, где максимальные риски повреждения компонентов леса возникают в процессе формирования трелевочного пакета при перемещении лесоматериала с полупасеки на пасечный волок. Риски, связанные с возможностью повреждения компонентов леса, при этом определяются в первую очередь положением дерева на пасеке относительно волока.

Расположение деревьев характеризуется расстоянием от волока, которое в свою очередь определяет при большинстве технологий направление валки дерева, т. е. угол между волоком и продольной осью поваленного дерева. Все технологии несплошных рубок предполагают трелевку «за вершину» и общее направление валки при этом – вершиной в направлении трелевки.

Направление валки отдельных деревьев должно быть максимально ориентировано

на возможность перемещения дерева на волок без повреждения подроста и деревьев, оставляемых на доращивание. Вместе с тем наиболее благоприятные условия для захвата хлыста чокером или другим захватом создаются при нахождении вершины на волоке, хотя возможные отклонения от направления валки могут привести к положению, когда вершина пересекает волок или не достигает его.

Трелевка дерева, вершина которого пересекает волок и достигает противоположной полупасеки, не только приводит к риску повреждения компонентов леса, но может оказаться невозможной без деления дерева на части с последующей их трелевкой. Трелевка дерева, вершина которого не достигла волока, требует дополнительных затрат времени на его перемещение на волок, хотя и не приводит к видимому увеличению риска повреждения компонентов леса при продольном перемещении дерева.

Таким образом, риски повреждения компонентов леса могут быть оценены анализом вариантов перемещения лесоматериалов, один торец которых находится на волоке, и его положение характеризуется лишь положением по отношению к волоку – углом между лесоматериалом и волоком.

Перемещение лесоматериалов – деревьев, хлыстов и их частей – на волок может выполняться различным оборудованием, которое по способу захвата лесоматериала, его удержания и перемещения можно условно разделить на следующие группы (рис. 1):

а) перемещение лесоматериала в полуподвешенном положении на подвеске, центр вращения которой перемещается вдоль волока;

б) перемещение лесоматериала волочением с помощью шарнирно закрепленного на трелевочном механизме захвата;

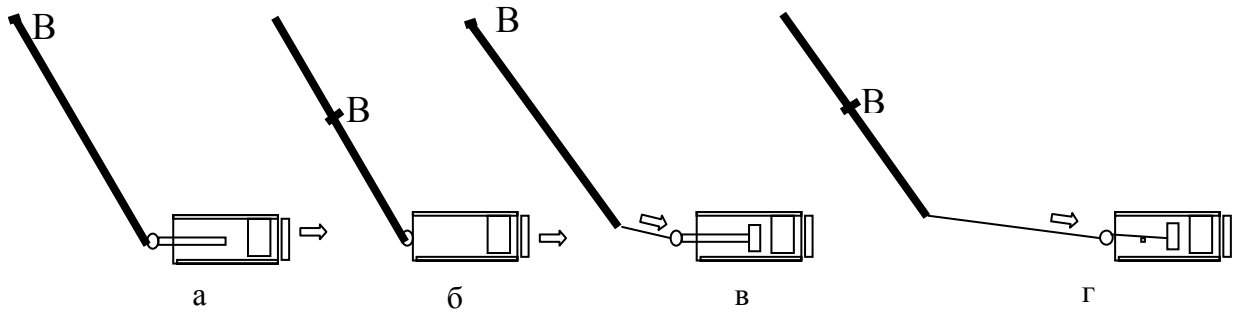


Рис. 1. Схемы перемещения лесоматериалов на волок: В – точка, вокруг которой осуществляется поворот лесоматериала

в) перемещение лесоматериала в полуподвешенном положении на гибком канате с точкой его крепления – на барабане, блоке, – расположенной не на продольной оси лесоматериала;

г) перемещение лесоматериала волочением канатом с точкой его крепления – на барабане, блоке, – расположенной не на продольной оси лесоматериала.

Варианты а) и в) предполагают перемещение лесоматериала в полуподвешенном положении, при котором опора на грунт, вокруг которой происходит поворот – точка В – это торец лесоматериала, а варианты б) и г) предполагают перемещение волоком, а поворот лесоматериала – точка В – производится вокруг центра тяжести лесоматериала.

В качестве допущения для расчета траекторий перемещения лесоматериала и площадей полупасек, на которых возможно повреждение компонентов леса, принимаем, что:

- опорной поверхностью является горизонтальная, ровная площадка;
- лесоматериал представляет собой жесткий стержень.

Начальное положение лесоматериала по отношению к волоку можно представить следующим образом

$$y_0 = L \sin(\alpha_0) - tg(\alpha_0)x_0, \quad (1)$$

где  $L$  – длина лесоматериала, м;

$\alpha_0$  – угол между продольной осью волока и лесоматериалом, град.

Перемещение лесоматериала в полуподвешенном положении на подвеске перемещаемой вдоль волока может производиться, например, пакетировочно-трелевочной машиной с манипулятором или с клещевым захватом. Если обозначить точку подвески соответствующую вершинному отруб лесоматериала, – А, а комлевой отруб, вокруг которого происходит поворот, – В, то ее текущие координаты запишутся следующим образом:

$$y_{Bi} = \frac{-2\Delta x_A ctg(\alpha_{i-1})}{2(1 + ctg^2(\alpha_{i-1}))} + \frac{\sqrt{(2\Delta x_A ctg(\alpha_{i-1}))^2 - 4(1 + ctg^2(\alpha_{i-1}))(\Delta x_A^2 - L^2)}}{2(1 + ctg^2(\alpha_{i-1}))}, \quad (2)$$

$$x_{Bi} = x_{Ai} - \sqrt{L^2 - y_{Bi}^2}, \quad (3)$$

где  $\Delta$  – элементарное перемещение точки А вдоль волока, м;

$x_{Ai}$  – текущая  $i$  абсцисса точки подвески А лесоматериала, м.

$$\text{Здесь } x_{Ai} = x_{A0} + n\Delta x_A, \quad (4)$$

$$\alpha_i = \arcsin \frac{y_{Bi}}{L}. \quad (5)$$

Траектории перемещения точки В – торца, перемещаемого на волок лесоматериала, – при различной их длине представлены на рис. 2. Точка подвески лесоматериалов перемещается вдоль оси волока шириной 4 м.

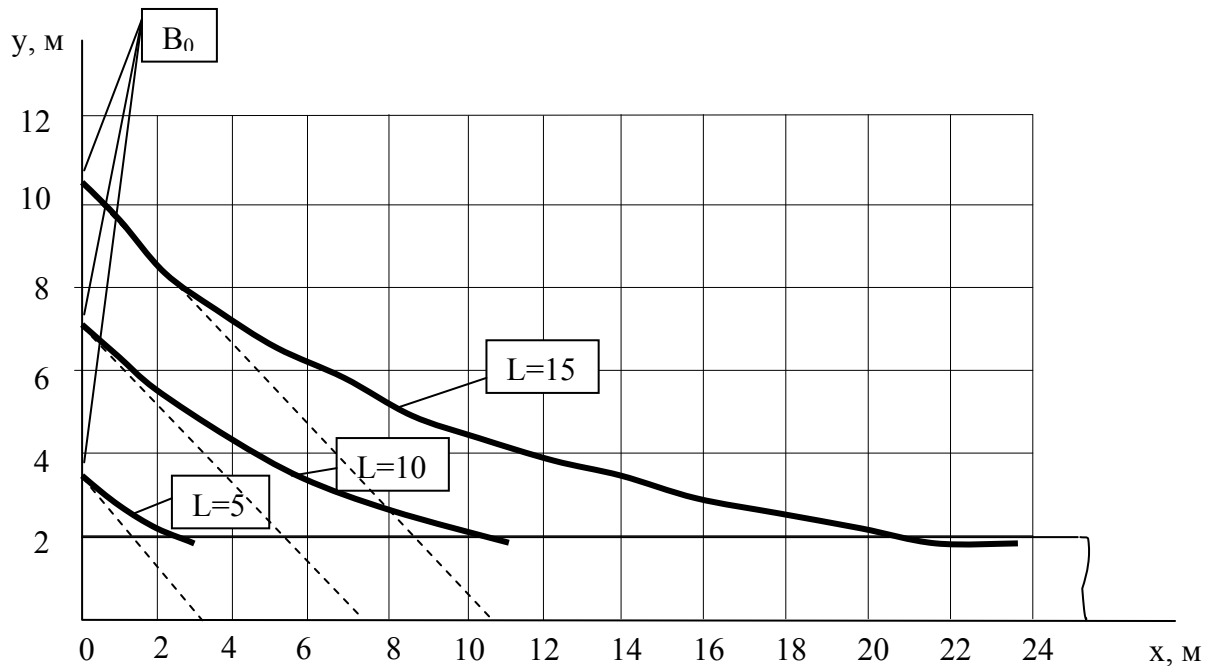


Рис. 2. Траектория перемещения торца лесоматериала в полуподвешенном положении на подвеске, центр вращения которой перемещается вдоль волока

Площадь, необходимая для плоскопараллельного поворота, в процессе перемещения лесоматериала на волок определится как разность подынтегральной функции траектории точки  $B$  и площади треугольника, образованного начальным положением лесоматериала (рис. 2):

$$S = \iint B(y, x) - \frac{x_{A0} y_{B0}}{2}. \quad (6)$$

Подынтегральная функция составит

$$\iint B(y, x) = \int_0^{x^N} B(y, x) dx \int_2^{y^{B0}} B(y, x) dy, \quad (7)$$

где  $x^N$  – абсцисса точки пересечения границы волока опорным торцом лесоматериала.

Верхний предел интегрирования по  $dx$  будет соответствовать абсциссе пересечения точкой  $B$  границы волока, имеющей в рассматриваемом примере ординату, равную  $b/2$  (рис. 3).

При перемещении лесоматериала на волок волочением с помощью шарнирно закрепленного на трелевочном механизме захвата – пункт  $b$  классификации, – поворот происходит вокруг центра тяжести лесоматериала – точка  $B$ . В этом случае для оценки

участка полупасеки, на котором вероятно повреждение компонентов леса, необходимо дополнительно рассмотреть траекторию комлевого отруба лесоматериала – точки  $C$ .

Траектория точки  $B$  может быть рассчитана по формулам (2) – (5), в которых принимается  $L=AB$ . Текущие координаты точки  $C$  определяются следующим образом:

$$x_{Ci} = x_{Ai} - L \cos(\alpha_i); \quad (8)$$

$$y_{Ci} = L \sin(\alpha_i), \quad (9)$$

$$\alpha_i = \arcsin \frac{y_{Bi}}{AB}. \quad (10)$$

С учетом вышеизложенного, площадь, необходимая для плоскопараллельного поворота лесоматериала в процессе его перемещения – вариант  $b$  классификации, – может быть рассчитана следующим образом:

$$S = 0,5x_p (y_{c0} - y_p) - \int_{x^m}^{x^p} C(y, x) dx \int_{y^c}^{y^p} C(y, x) dy + \int_{x^{B0}}^{x^N} B(y, x) dx \int_2^{y^{B0}} B(y, x) dy - 0,5y_{B0} (x_{A0} - x_{B0}), \quad (11)$$

где  $p$  – точка пересечения торцом лесоматериала линии его первоначального положения.

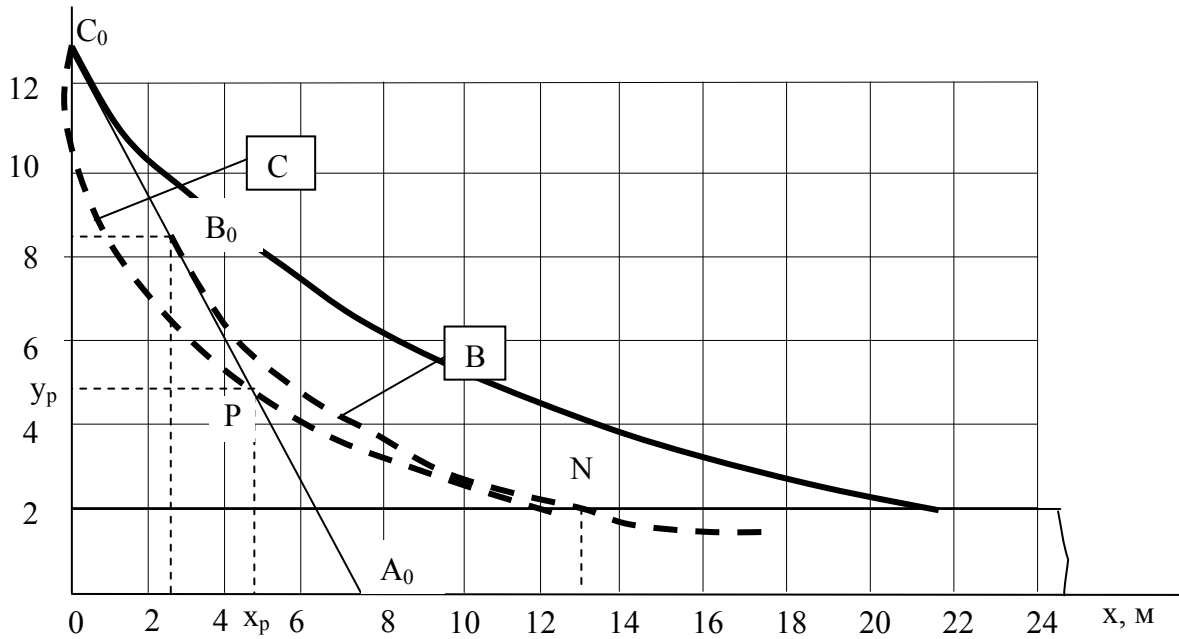


Рис. 3. Траектории точек В и С при волочении лесоматериала в процессе перемещения трелевочного захвата вдоль волока:  $L=15$  м;  $\alpha_0=60^\circ$

Формирование трелевочного пакета может предшествовать перемещению лесоматериалов – деревьев, хлыстов или его частей – на волок. В этом случае трелевочный механизм – трактор или лебедка – устанавливается на волоке таким образом, чтобы иметь возможность захвата количества лесоматериалов, достаточного для формирования трелевочного пакета. При этом к лесоматериалу прикладывается внешняя сила  $F_1$ , направленная вдоль каната. В зависимости от условий трелевки и, прежде всего, направленности внешней силы в вертикальной плоскости, а также микрорельефа и плотности опоры можно выделить условно две расчетные схемы с перемещением лесоматериала в полуподвешенном положении и волоком – пункты *в* и *г* классификации соответственно.

При перемещении лесоматериала в процессе формирования пакета в полуподвешенном положении, лесоматериал контактирует с опорой наиболее удаленным комлевым отрубом – пункт *в* классификации.

Горизонтальные составляющие вектора перемещения точки *А* лесоматериала под действием внешней силы со стороны

трособлочной системы канатной установки или другой трелевочной системы осуществляющей трелевку в полуподвешенном состоянии, – совершают поворот и продольное перемещение. Практическое отсутствие сопротивления повороту лесоматериала вокруг точки *В* – опорного торца лесоматериала, – определяет очередность перемещений лесоматериала: поворот и последующее прямолинейное перемещение.

Поворот лесоматериала прекращается при совпадении продольной оси лесоматериала с направлением действия внешней силы, после чего начинается его продольное перемещение.

Площадь, необходимая при этом для разворота и перемещения лесоматериала к трелевочной подвеске, определится длиной лесоматериала, углом между его продольной осью и осью волока  $\alpha_0$  и абсциссой трелевочной подвески на волоке и составит из площади треугольника. Расчет траектории перемещения лесоматериала может быть проведен по формулам (2) – (5).

Лесоматериал будет полностью перемещен на волок, если

$$\varphi \leq \arcsin \frac{b}{2L}, \quad (12)$$

где  $b/2$  – ордината границы волока, м.

Расстояние перемещения лесоматериала при этом составит

$$l = x_l - x_{A0} = \frac{2}{b} L^2 \sin \alpha_0 \cos \varphi - L \cos \alpha_0. \quad (13)$$

Свободная площадь, необходимая для этого, равна

$$S = \frac{y_{B0}}{2} (x_l - x_{A0}). \quad (14)$$

Если расстояние между лебедкой и точкой прицепки лесоматериала меньше рассчитанного по формуле (13), то комлевой отруб лесоматериала – точка  $B$  – полностью переместится на волок только в процессе дополнительного перемещения трелевочного средства вдоль волока. Дополнительная площадь, необходимая для этого рассчитывается по формуле (6), с учетом изменения начального угла между лесоматериалом и волоком.

Перемещение лесоматериала на волок и (или) формирование пакета волоком канатом с установкой лебедки не на продольной оси лесоматериала реализуется на практике при наборе пачки хлыстов трелевочным трактором с чокерной оснасткой. В данном случае перемещение точки захвата  $A$  верхнего отруба лесоматериала не будет

прямолинейным. Расчетная схема для определения траектории перемещения лесоматериала представлена на рис. 4.

Вектор внешней силы приложенный к точке  $A$  под углом  $\varphi$  приводит к плоскопараллельному перемещению лесоматериала с поворотом вокруг его центра масс (точки  $B$ ) с одновременным перемещением вдоль прямой  $BA$ .

Для рассматриваемой схемы перемещения лесоматериала будем придерживаться принятых ранее допущений. Величина угла поворота лесоматериала при элементарном перемещении точки  $A$  составит:

$$\alpha_n = \arctg \frac{\Delta \sin(\alpha_{i-1} - \varphi_i)}{AB}. \quad (15)$$

В результате поворота вокруг точки  $B$  и продольного перемещения величина отрезка  $B_{i-1}A_i$  (см. рис. 4) составит

$$B_{i-1}A_i = AB + \Delta \cos(\alpha_{i-1} - \varphi_i), \quad (16)$$

где  $\varphi$  – угол между волоком и направлением приложения внешней силы,

$$\varphi = \arctg \frac{y_{Ai}}{x_l - x_{Ai}}. \quad (17)$$

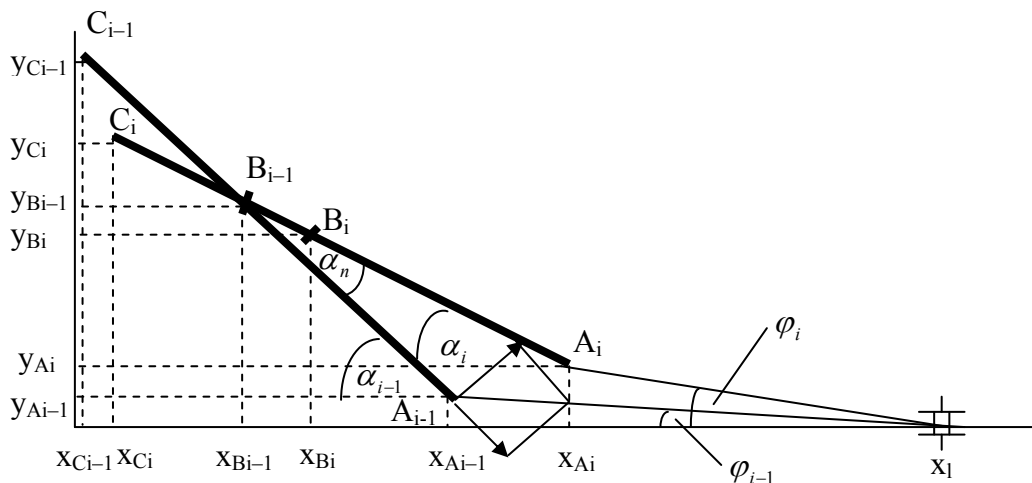


Рис. 4. Схема для расчета траектории перемещения лесоматериала на волок канатом без отрыва от опоры

Угол между лесоматериалом и волоком после плоскопараллельного перемещения составит

$$\alpha_i = \alpha_{i-1} - \alpha_n. \quad (18)$$

Координаты точки  $A_i$  в результате поворота лесоматериала и продольного перемещения лесоматериала определяются следующим образом:

$$x_{A_i} = x_{B_{i-1}} + B_{i-1} A_i \cos(\alpha_{i-1} - \alpha_n); \quad (19)$$

$$y_{A_i} = y_{B_{i-1}} - B_{i-1} A_i \sin(\alpha_i - \alpha_n). \quad (20)$$

Уравнение прямой, определяющей положение лесоматериала в результате плоскопараллельного перемещения, запишется так:

$$y_i = -\operatorname{tg} \alpha_i x_i + k, \quad (21)$$

где 
$$k = y_{B_{i-1}} + \frac{y_{B_{i-1}} - y_{A_i}}{x_{A_i} - x_{B_{i-1}}} x_{B_{i-1}}. \quad (22)$$

Координаты точки  $C$  лесоматериала при перемещении на волок или при формировании трелевочного пакета запишутся следующим образом:

$$x_{C_i} = x_{A_i} - AB \cos \alpha_i; \quad (23)$$

$$y_{C_i} = y_{A_i} + AB \sin \alpha_i. \quad (24)$$

Траектории перемещения лесоматериала волочением с точкой его крепления каната – на барабане, блоке, – расположенной

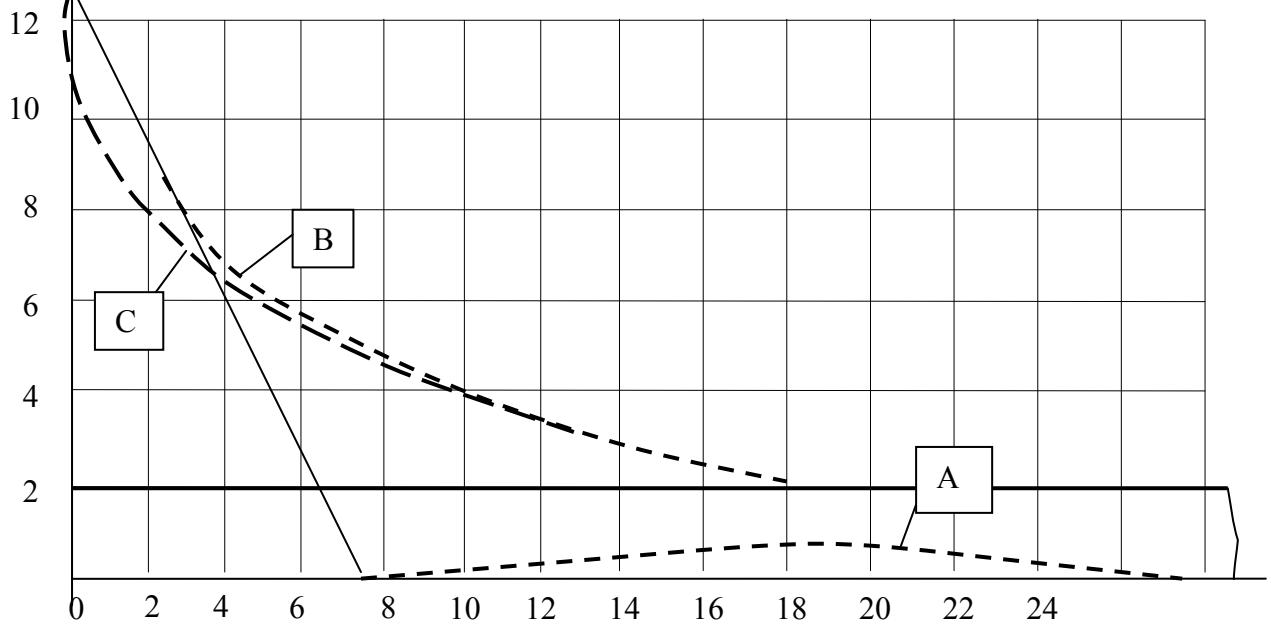


Рис. 5. Траектории перемещения лесоматериала волочением с точкой его крепления каната – на барабане, блоке, – расположенной не на продольной оси лесоматериала

ной не на продольной оси лесоматериала, представлены на рис. 5.

Лесоматериал после подрелевки к лебедке полностью переместится на волок при условии

$$x_l \geq \frac{y_{C_l}}{\operatorname{tg} \alpha_i} - x_{A_i}. \quad (25)$$

В этом случае площадь, необходимая для плоскопараллельного поворота лесоматериала, в процессе его перемещения составит

$$S = \frac{x_p}{2} (y_{C_0} - y_p) - \int_0^{x_p} C(x, y) dx \int_{y_p}^{y_{C_0}} C(x, y) dy + \int_{x_p}^{x_{A_i}} B(x, y) dx \int_2^{y_p} B(x, y) dy - \frac{y_p}{2} (x_{A_0} - x_p). \quad (26)$$

В случае, если  $x_l$  меньше рассчитанного по формуле, то необходимая дополнительная площадь для перемещения лесоматериала на волок в процессе трелевки волоком определится по формуле (11) с учетом изменившегося угла  $\alpha_i$ .

Расстояния перемещения точки захвата лесоматериала и площади, на которых могут быть повреждены деревья, оставляемые на дорастивание, подрост и подлесок, при перемещении лесоматериала на волок по каждому способу захвата, при длине лесоматериала 5, 10 и 15 метров, приведены в табл. 1.



Т а б л и ц а 1

Вариант захвата	L, м	l, м				S, м <sup>2</sup>				Предпочтительность
		Угол валки				Угол валки				
		60°	45°	30°	15°	60°	45°	30°	15°	
а	15	28	23,5	17	8	52,6	30,1	13,9	1,5	3
	10	16	13	9	2	11	5,5	1,5	0,1	
	5	4	2,5	0,5	0,1	3	1	0,1	0	
б	15	20	17	13	6	22	11,8	6	2	1
	10	11	9	6	2	8,5	5,5	2,5	0,1	
	5	3	2	1	0,1	4,2	2	1	0	
в	15	89	68	42	14	578	360	315	55	4
	10	37	28	16	3	161	99	40	4	
	5	8	5	2	0	34	9	3	1	
г	15	25	22	16	8	28,2	15	7,5	3	2
	10	16	12	8	2	12,5	7,5	3,5	0,5	
	5	6	3,5	1,5	0	8,5	3,5	1,5	0	

Т а б л и ц а 2

Расстояние от волока, м	Вариант захвата											
	а				б				г			
	60°	45°	30°	15°	60°	45°	30°	15°	60°	45°	30°	15°
до 1	16	12	7,3	1,2	5,7	3,7	1,2	1	9	5,5	2,5	1,5
1...2	11	7	3,5	0,3	3,3	1,8	1,5	1	6	3	2,5	1,5
2...3	8	5	1,8		2	0,9	1,5	–	3,5	1,5	1,8	
2...3	5,7	3	0,9		1	0,5	1,2	–	1,4	0,7	0,5	
3...4	3,7	1,5	0,4		1,2	0,6	0,5	–	0,7	0,4	0,2	
4...5	2,7	0,8	0		1,5	0,7	0,1	–	0,8	0,4		
Более 5	5,5	0,8			7,3	4			6,8	3,5		

Площадь, необходимая для плоскопараллельного разворота при перемещении лесоматериала на волок, определяет вероятность повреждения деревьев, оставляемых на дорасчивание при несплошных рубках. Очевидно (см. табл. 1), что из рассмотренных вариантов захвата и перемещения лесоматериала наибольшие риски повреждения деревьев, оставляемых на дорасчивание, представляет вариант в). При его реализации необходимая площадь на порядок больше, чем при других вариантах.

Вместе с тем, приведенные в табл. 1 данные не позволяют оценить риски, связанные с повреждениями деревьев, расположенных на различном расстоянии от волока. В табл. 2 приведено распределение площадей, необходимых для плоскопараллельного разворота при перемещении лесоматериала длиной 15 метров на волок, для рассматриваемых вариантов захвата в зависимости от расстояния до волока.

Результаты расчетов площадей, необходимых для плоскопараллельного переме-

щения лесоматериалов на волок, позволили установить зависимость рисков повреждения растительных компонентов леса, включая деревья, оставляемые на дорасчивание при несплошных рубках, подрост и подлесок, от длины лесоматериала, угла валки и способа захвата лесоматериала, его удержания и перемещения. При этом:

– сравнение способов захвата и перемещения лесоматериала позволяет выделить при равных углах валки и длинах трелюемых лесоматериалов вариант б классификации, позволяющий осуществить перемещение лесоматериала с полупасеки на волок с риском повреждения компонентов леса на меньшей площади полупасеки. Далее по мере убывания предпочтительности следуют варианты г, а, в.

– по равномерности распределения рисков в поперечном сечении пасеки предпочтительны по мере убывания способов захвата варианты б, г, а. Для худшего из способов захвата вариант а – концентрация рисков, связанных с повреждением и унич-

тожением отдельных компонентов леса – деревья, оставляемые на доращивание, подрост и живой напочвенный покров, – в непосредственной близости от волока, ведет, по сути, к уширению волока.

Дополнительное снижение рисков при всех вариантах захвата и перемещения лесоматериала может быть достигнуто за счет перемещения точки захвата трельюемого лесоматериала в поперечном направлении до противоположной кромки волока.

## КОНЦЕПЦИЯ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ ТИПА И КОНСТРУКЦИИ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД ЛЕСОВОЗНЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

В.В. САВЕЛЬЕВ, докторант МарГТУ, канд. техн. наук,  
Ю.А. ШИРНИН, проф. каф. ТОЛП МарГТУ, д-р техн. наук

Эффективность работы лесовозного автомобильного транспорта определяется наличием и качественным состоянием лесовозных и лесохозяйственных дорог, ритмичностью работы и высокими скоростями движения автопоездов. Решение этих вопросов в значительной степени зависит от типа и состояния проезжей части дороги и типа лесовозного автопоезда.

На выбор типа покрытия и всей конструкции дорожной одежды влияют различные факторы: район строительства и категория дороги, местные условия строительства и эксплуатации дороги, грунтовые и гидрогеологические условия, наличие местных дорожно-строительных материалов, состав лесовозных автопоездов, расчетная нагрузка, интенсивность движения и осевые нагрузки автотранспортных средств (АТС) и др.

Окончательный выбор типа покрытия и конструкции дорожной одежды производится на основании технико-экономического обоснования дорожной конструкции, алгоритм которого представлен ниже.

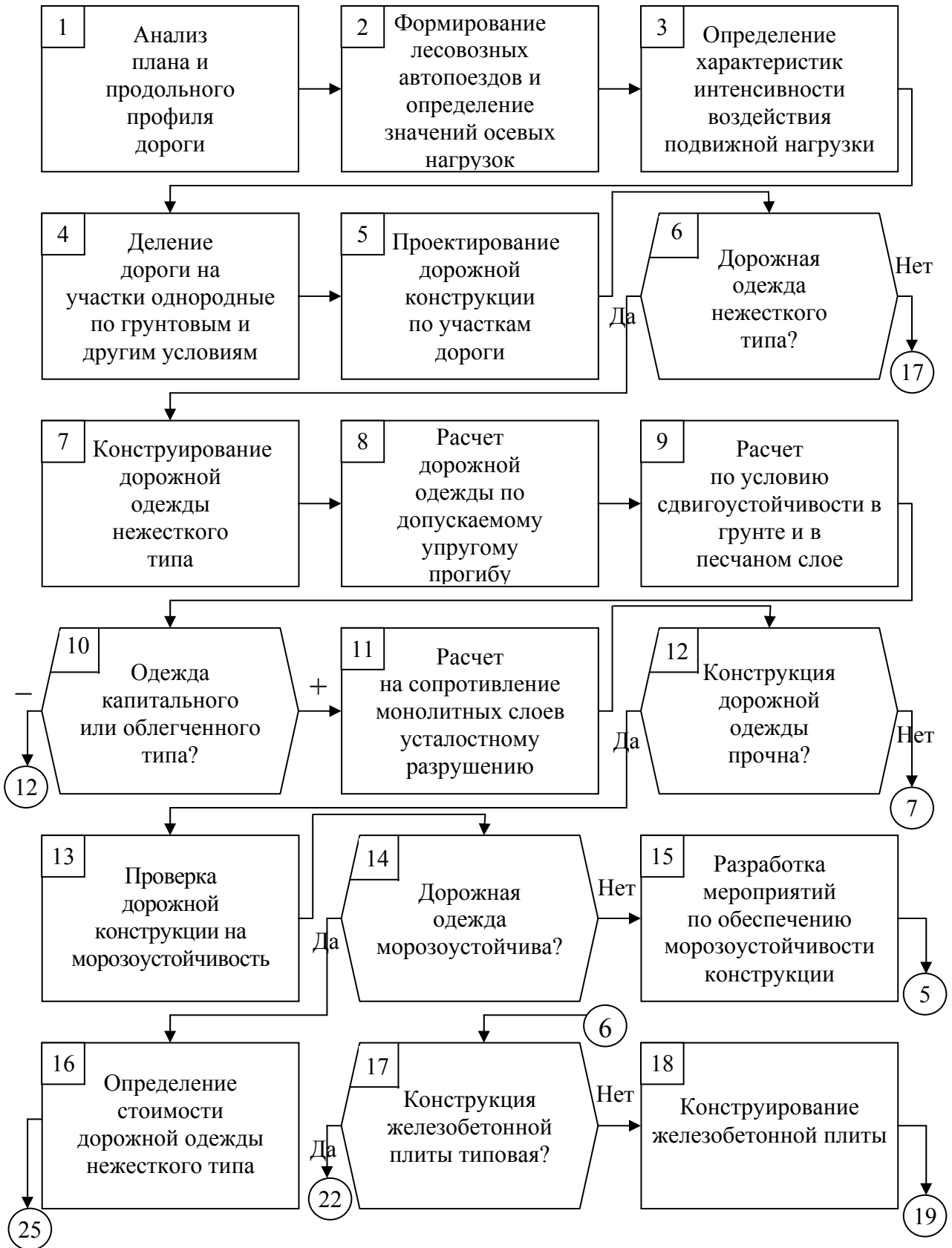
До начала проектирования дорожной одежды следует выполнить анализ плана и продольного профиля автомобильной дороги с целью установления значений продольных уклонов в грузовом направлении, рабочих отметок земляного полотна и других данных. Наряду с этим производится уточнение грунтовых, гидрологических и гидрогеологических условий.

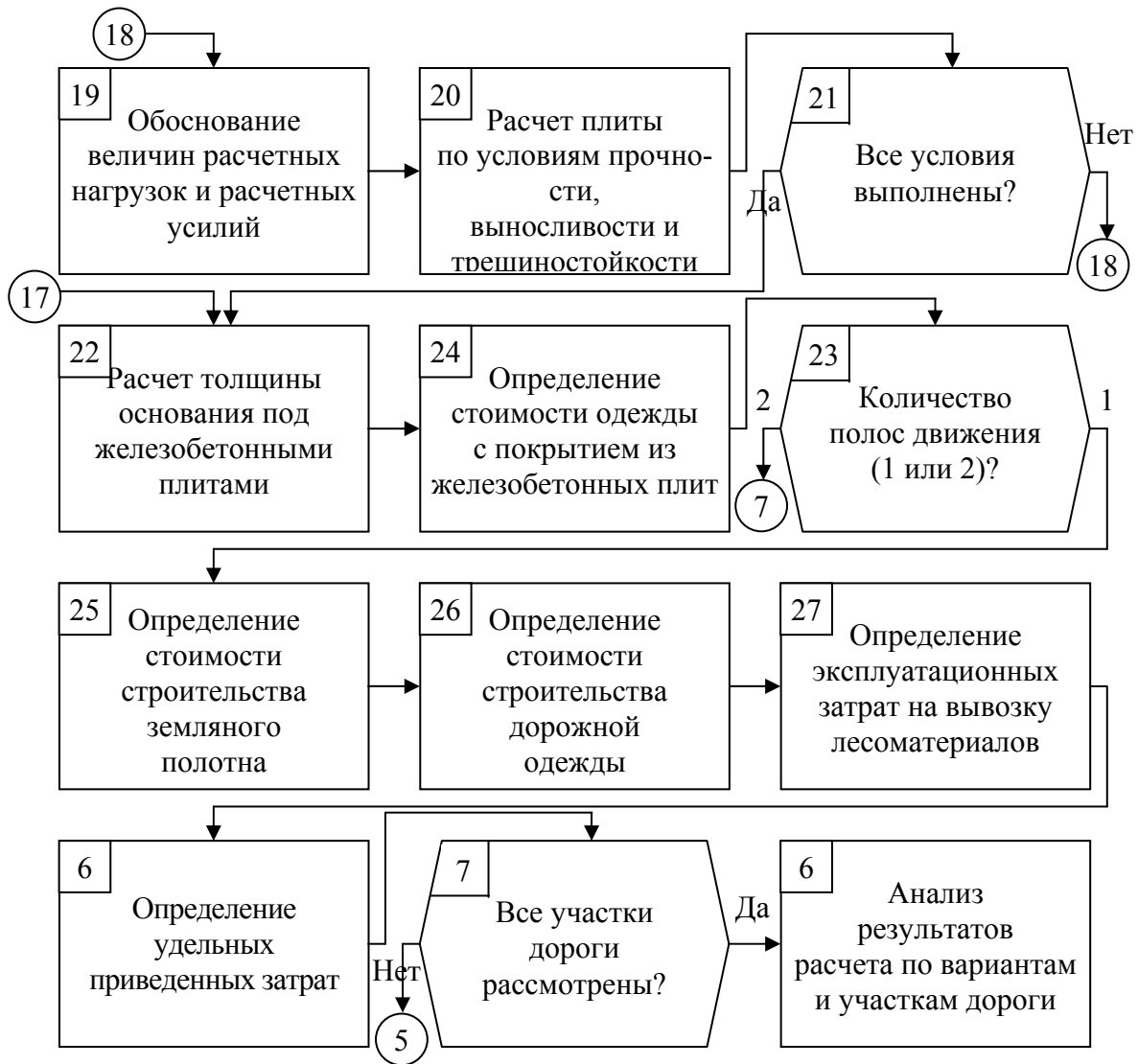
Эти характеристики и условия являются определяющими при выборе типов и параметров земляного полотна, водоотводных сооружений и дорожной одежды. В свою очередь величины продольных уклонов, тип дорожной одежды и ее состояние влияют на состав автомобильных поездов, скорости их движения и производительность на вывозке лесоматериалов.

Отраслевые дорожные нормы [1] в качестве расчетной нагрузки рекомендуют использовать наиболее тяжелый автомобиль из систематически обращающихся АТС по дороге, доля которого составляет не менее 10 %, или принимать расчетный автомобиль группы А.

Тип и марка автомобиля-тягача выбирается в зависимости от дорожных условий – величины продольных уклонов, типа и состояния покрытия и др. Вид перевозимых лесоматериалов – хлысты, полухлысты, сортименты – влияет на выбор типа прицепного состава: прицепов-ропусков, прицепов или полуприцепов. Рациональное размещение пачки лесоматериалов на автопоезде необходимо для определения максимальной рейсовой нагрузки, нормального распределения массы перевозимого груза по коникам и осевых нагрузок. При формировании самозагружающихся автопоездов решаются вопросы размещения гидравлического манипулятора, аутригеров и упора на автомобиле-тягаче или прицепном составе и определения величины снижения их грузоподъемности.

Алгоритм технико-экономического обоснования дорожной конструкции





При обосновании типа и конструкции дорожных одежд следует учитывать транспортно-эксплуатационные требования, предъявляемые к дороге или к ее участку, ожидаемый состав и перспективную общую среднесуточную интенсивность движения АТС  $N$ , приведенную интенсивность воздействия нагрузки  $N_p$  и суммарное число приложений приведенной расчетной нагрузки  $\Sigma N_p$  [2].

Следовательно, установление расчетного транспортного средства и предельных нагрузок на его оси является одной из задач, которую необходимо решить при формировании лесовозных автопоездов и обосновании расчетных параметров подвижной нагрузки.

Транспортное освоение лесных массивов РФ связано со строительством дорог на местности с сезонным промерзанием грунтов, высоким стоянием грунтовых вод и наличием

пучинистых грунтов. Поэтому дорогу необходимо разделить на участки с одинаковыми условиями проектирования по расчетной нагрузке, составу и перспективной интенсивности движения, однородным грунтовым условиям, типу местности по характеру и степени увлажнения, обеспеченности дорожно-строительными материалами. В этом случае дорожная одежда на всем протяжении каждого участка будет удовлетворять в равной степени предъявляемым требованиям и не иметь чрезмерных запасов прочности.

Проектирование земляного полотна, водоотвода и дорожной одежды взаимосвязаны между собой и объединяет комплекс вопросов по разработке дорожной конструкции в целом и ее расчету на прочность, морозоустойчивость и технико-экономическое обоснование вариантов. Сначала необходимо

установить вид и размеры земляного полотна. Водно-тепловой режим земляного полотна в насыпях значительно отличается от режимов выемок и нулевых мест. Высота насыпи также влияет на расчетную влажность грунта земляного полотна. Оптимальную высоту насыпи следует назначать путем сравнения нескольких вариантов дорожной конструкции.

Конструкцию дорожной одежды следует принимать типовую или вновь разрабатывать применительно к местным условиям. При конструировании дорожной одежды по вариантам или участкам дороги решаются следующие задачи:

- 1) выбор типа дорожных одежд и вида покрытия;
- 2) установление числа слоев и их минимальной толщины;
- 3) выбор местных или привозных дорожно-строительных материалов для устройства слоев одежды, их размещения в конструкции с решением вопросов улучшения физико-механических свойств;
- 4) определение расчетных характеристик конструктивных слоев из различных дорожно-строительных материалов и грунта земляного полотна;
- 5) назначение мероприятий по обеспечению морозоустойчивости дорожной конструкции с учетом типа грунта и схемы увлажнения рабочего слоя земляного полотна;
- 6) предварительный отбор конкурентно-способных вариантов дорожной конструкции.

Расчет нежестких дорожных одежд на прочность ведется в следующей последовательности:

- 1) оценка прочности и надежности дорожной конструкции в целом по допускаемому упругому прогибу;
- 2) расчет по условию сдвигоустойчивости грунта земляного полотна и конструктивных слоев из малосвязных (песчаных) материалов;
- 3) расчет конструкции на сопротивление монолитных слоев усталостному разрушению от растяжения при изгибе;
- 4) проверка дорожной конструкции на морозоустойчивость [2].

Автоматизированный расчет дорожной одежды по вышеприведенным критериям производится с применением формул и зависимостей, идентифицирующих данные таблиц, номограмм и графиков [2].

Конструкцию нежесткой дорожной одежды следует считать прочной, если коэффициенты прочности по каждому из вышеназванных критериев будут не ниже требуемого значения  $K_{пр}^{тп}$ , определенного при заданной надежности  $K_n$  [2]. В противном случае необходимо изменить толщину слоев дорожной одежды или заменить материал какого-либо слоя, а затем вновь рассчитать откорректированную конструкцию по критериям прочности с проверкой ее морозоустойчивости.

Если дорожная конструкция недостаточно морозоустойчива, то необходимо определить требуемую толщину морозоустойчивой дорожной одежды и (или) рассмотреть вариант устройства морозозащитного слоя. Для уменьшения толщины дорожной одежды, требуемой по условию обеспечения морозоустойчивости, можно предусмотреть мероприятия по регулированию водно-теплого режима земляного полотна:

- а) обеспечение достаточного возвышения покрытия над уровнем грунтовых и длительно стоящих поверхностных вод или над уровнем поверхности земли при необеспеченном стоке;
- б) понижение уровня грунтовых вод за счет устройства дренажных систем;
- в) возведение верхней части земляного полотна из непучинистых или слабопучинистых грунтов;
- г) устройство морозозащитных слоев из непучинистых минеральных материалов;
- д) устройство гидроизоляционных и капилляропрерывающих слоев из различных материалов и др.

Регулирование водно-теплого режима дорожной конструкции позволит повысить прочностные и деформационные характеристики грунтов земляного полотна за счет снижения влажности, снизить общую толщину дорожной конструкции при расчете на прочность и морозоустойчивость. В этом случае затраты на устройство дорожной оде-

жды уменьшатся, но возрастут расходы на выполнение мероприятий по регулированию водно-теплового режима земляного полотна.

Стоимость строительства дорожной конструкции по вариантам и участкам определяется затратами на устройство дорожной одежды  $C_{дор}$  и земляного полотна  $C_{зп}$  с учетом расходов на выполнение мероприятий по регулированию водно-теплового режима  $C_{втр}$ .

Стоимость устройства дорожной одежды нежесткого типа предлагается определять по формуле

$$C_{аид} = \sum_{i=1}^n \left( C_{ни.i} + C_{од.i} + \sum_{j=1}^k C_{одод.ij} \right),$$

где  $C_{см.i}$  – стоимость дорожно-строительных материалов  $i$ -го слоя;

$C_{тр.i}$  – стоимость транспортирования материалов  $i$ -го слоя;

$C_{устр.ij}$  – стоимость выполнения  $j$ -ой технологической операции при устройстве  $i$ -го слоя;

$n$  – количество слоев дорожной одежды;

$k$  – количество технологических операций при устройстве каждого слоя дорожной одежды.

$$C_{устр} = N_{мс} C_{мс},$$

где  $N_{мс}$  – количество машино-смен (человеко-дней) при выполнении рассматриваемой технологической операции;

$C_{мс}$  – стоимость машино-смены дорожно-строительной машины или заработная плата рабочих.

При отсутствии в районе строительства или наличии незначительных запасов качественных каменных материалов проблему дорожного строительства можно решить за счет применения сборных или сборно-разборных покрытий из железобетонных плит. Разработанная нами и реализованная в системе автоматизированного проектирования методика расчета ненапряженных плит из различных видов бетона для колеиных покрытий автомобильных дорог позволяет:

1) определить геометрические характеристики сечения и армирование плит;

2) вычислить максимальные значения расчетных усилий по методу И.А. Симвули-

ди в зависимости от вида стыкового соединения плит;

3) проверить условия прочности, выносливости и трещиностойкости сечений, нормальных и наклонных к продольной и поперечной оси плиты [2].

Конструкцию основания под железобетонными плитами и расчет ее толщины следует назначать по ВСН 197-91 [4].

Тип покрытия и рациональная конструкция дорожной одежды на рассматриваемом участке, проектируемой в комплексе с земляным полотном, выбираются на основании сравнения вариантов по минимуму удельных приведенных затрат с учетом стоимости строительства дорожной конструкции, расходов на приобретение машин и механизмов и эксплуатационных расходов на вывозку лесоматериалов.

Комплексное проектирование дорожной конструкции позволяет выбрать наиболее рациональные способы обеспечения прочности, надежности, долговечности и экономичности дорожной одежды. Окончательно выбранная дорожная конструкция должна быть менее материалоемкой и удовлетворять транспортно-эксплуатационным требованиям.

Для реализации предлагаемой концепции технико-экономического обоснования типа и конструкции дорожных одежд лесовозных автомобильных дорог нами разрабатываются математические модели, алгоритмы и программы автоматизированного проектирования.

### Список литературы

1. Правила дорожного движения Российской Федерации. – М.: ТОО “Транспорт”, 1995. – 69 с.
2. Проектирование нежестких дорожных одежд. ОДН 218.046-01.– М.: Государственная служба дорожного хозяйства Министерства транспорта РФ, 2001. – 145 с.
3. Савельев В.В. Совершенствование конструкций железобетонных плит из мелкозернистых бетонов для колеиных покрытий лесовозных автомобильных дорог: Дис... канд. техн. наук. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 1997. – 271 с.
4. Инструкция по проектированию жестких дорожных одежд. ВСН 197-91. – М.: СоюздорНИИ, 1992. – 83 с.
5. Смирнов М.Ю., Андрианов Ю.С. Весовой контроль на автомобильных дорогах: Учеб. пособие, – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2002. – 118 с.
6. СНиП 2.05.07-91\*. Промышленный транспорт / Минстрой России. – М.: ГП ЦПП, 1996. – 112 с.

## В.А. ЧИВИЛИХИН, ПИСАТЕЛЬ, ИССЛЕДОВАТЕЛЬ, ЧЕЛОВЕК (К 75-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ)

Н.А. МОИСЕЕВ, *акад. РАН, заслуженный деятель науки РФ*



Среди писателей, вступавших в бескомпромиссную борьбу в защиту Русского леса, ярко выделяются два представителя разных поколений, связанных своим творчеством, – Л. Леонов и В. Чивилихин – бескорыстные рыцари искусства, истинные патриоты своего народа.

В обыденной жизни не всегда придается должное значение искусству в общем ряду с другими видами деятельности. Но для лесоводов середины двадцатого столетия хорошо должно быть памятно влияние книги Л. Леонова «Русский лес», которая произвела в буквальном смысле переворот не только в общественном сознании, но и у Правительства по отношению к лесам и вызвала необходимость принятия срочных мер по наведению порядка в них. Многим «деяте-

лям», ставшим «героями» этой книги, пришлось потом долго оправдываться, что они не совсем такие, какими их изобразили.

В.А. Чивилихин принял историческую эстафету от Л. Леонова. Лейтмотивом его книг и многочисленных очерков были взаимоотношения человека, природы и леса на разных широтах и меридианах в общей философии о судьбах России и ее месте в мире.

Но прежде, чем перечислять его произведения, напомним вкратце о некоторых фактах его биографии, а главное – о его истоках. Владимир Алексеевич Чивилихин родился 7 марта 1928 года в Мариинске Кемеровской области, откуда через год его родители переехали жить на станцию Тайга в той же области, где отец работал кондуктором товарных поездов и погиб в 1937 году. На руках у матери осталось пятеро детей в числе девяти членов семьи, включая бабушку, ее старшую сестру и приемную девочку-сиротку. Жили в постоянной нужде, кормились только за счет собственного труда, в том числе на огороде, а также сбором даров леса. По окончании семи классов Володя пошел учиться в железнодорожный техникум, одновременно работая учеником слесаря, кочегаром, помощником машиниста, а по окончании техникума – мастером, техником и преподавателем спецдисциплины в железнодорожном училище.

Читать он научился еще до школы и читал запоем всю жизнь.

С 1949 по 1954 годы учился в МГУ на факультете журналистики, получая именную, Лермонтовскую стипендию, и окончил университет с отличием.

10 лет работал в газете «Комсомольская правда», завершив этот этап заведующим отдела литературы и искусства, а также членом редколлегии. В 1961 году стал членом Союза писателей СССР.

Печататься начал в 1946 году. Многократный лауреат: Ленинского комсомола (1966 г.), Государственной премии России (1977 г.), Государственной премии СССР (1982 г.). Награжден двумя Орденами.

Как отразилось раннее трудовое начало биографии на его творчестве?

Осмысливая жизнь многих замечательных людей, невольно приходишь к выводу, что самых больших высот в творчестве достигают люди трудового начала, нередко, начинающие с нуля, сами делающие себя и свою жизнь, до всего доходя сами. Их труд в избранной области становится делом всей жизни. Писатель являлся фильтром очистки от всех побочных соблазнов и главным горнилом, как источником нравственности, поднимающим духовный настрой на самые высокие, благородные цели. При этом для самого писателя люди труда, творцы в любой области деятельности и являются главными героями его произведений.

В.А. Чивилихин сам с детства выросший в обстановке труда, познавший цену трудовой жизни, и в своих произведениях воспевал выдающихся людей труда, признания которых у него часто украшают в виде эпиграфов главы его книг и очерков.

И место начала жизни тоже играет не последнюю роль в становлении человека. «Тайга», как название станции, где прошел первый этап его жизни, сроднила его сознание с лесом, который проходит через все без исключения его произведения то в виде главного героя – «О чем шумят русские леса», «Кедроград», «Елки-моталки», «Над уровнем моря», «Шумы тайга, шуми», «Слово о кедре», «Поющие пески» – о защитном лесоразведении, то в виде общего фона, с которым связана жизнь и деятельность его главных героев, – «Серебряные рельсы», «Память» и др.

В рамках данной статьи мы не входим в разбор его многочисленных произведений. Отметим лишь главные позиции писателя, характер его героев и самого писателя, как человека и творца, его отношение к людям, к природе, к лесу, к самой Родине, к ее истории и к роли исторической памяти в

судьбе человека, общества и культуре. Каждый из отмеченных предметов сам по себе значим и многогранен, но мы ограничимся лишь сквозной, связывающей их оценкой.

И сам он, и его герои выросли в период подъема страны, в невероятных усилиях по преодолению натиска и разгрома фашистской агрессии в Великую Отечественную войну. Основой подъема, укрепления мощи страны были единство ее народов, коллективизм, трудовой настрой, воспевание труда на благо народа («жила бы страна родная»), героев труда, опиравшихся на образцовые примеры из истории России, на первопроходцев. Высокая одухотворенность поднимала их на подвиги не ради личного обогащения, а для процветания и славы своей страны и населяющих ее народов. Именно в этот период рождались и лучшие произведения искусств всех жанров, лейтмотивом которых были человечность, взаимовыручка, любовь к Родине, к ее народам всех наций, сплотившихся в общей многонациональной семье. И воевали с общим врагом, и трудились на фабриках и заводах, в лесу и на полях, и учились в школах и институтах, не спрашивая и даже не интересуясь, кто к какой нации принадлежит. Все чувствовали локоть друг друга, в любую минуту опасности готовы были постоять друг за друга и не оставить друга в беде.

Вот именно этот настрой и пронизывает все произведения В.А. Чивилихина. И сам он об этом пишет: «А ведь самые великие люди на земле – это самые **великие труженики**. И молодежи надо учиться жить на таких примерах» («Серебряные рельсы»). И в черед таких тружеников в исторической преемственной связи у него проходит и путешественник Пржевальский, и исследователь Миклухо-Маклай, и изыскатель сибирских железных дорог Кошурников, и основатели Кедрогграда, герои которого живут и сейчас, и создатели защитных лесов, исцеляющих обезображенные от эрозии земли, и таксаторы таежных лесов, где, кроме редких охотников, не ступала нога человека, и мирных десантников, бросающихся с риском для жизни спасать леса от пожаров.



Все эти герои труда на примерах своей жизни были и главными воспитателями того времени для молодежи, главными ее вдохновителями. Это особенно остро ощущается сейчас, когда чуть ли не главными «героями» средств массовой информации стали «воры в законе», бандиты, проститутки, безголосые вертялые певцы, заполняющие эфир на общем фоне реклам разврата и насилия.

По своему характеру писатель В.А. Чивилихин был не только художником, но и исследователем, и публицистом, к тому же тем борцом, кто слово свое не отделял от дела, активно проводя свою линию поведения в жизнь, причем не в одиночку, а часто вместе с самими героями, становясь ответственным и за их жизнь.

Пишущему эти строки в этом пришлось убедиться воочию примерно на протяжении последних двух десятилетий его жизни. Мы познакомились сначала заочно через свои произведения. Один из моих знакомых подсказал мне, что в журнале «Октябрь» в 1965 году в повести В.А. Чивилихина «О чем шумят русские леса» есть отклик на мою первую книжку «Расчет и организация пользования лесом» (1963).

При первой встрече осенью 1965 года мы целый вечер проговорили о проблемах леса. Меня поразила его глубокая заинтересованность знать не поверхностно, а существо проблем, истинное положение лесных дел, дойти до «кончиков корней» их первопричин. И позже, не раз встречаясь на многих, как он выражался, «посиделках» в кругу и его героев, и общих наших коллег по лесной профессии, он вел «первую скрипку» в общих разговорах не только о лесах, но и органически переплетая лесную проблематику с общим положением дел в стране, с культурой, с отношением к традициям, национальным памятникам, к истории, к исторической памяти, что потом он выразил в монументальной книге «Память», посвященной тысячелетию России. Во всех своих произведениях и в этом последнем, заключительном, как в «лебединой песне», он проявился как сын своего народа, как его патриот, как активный деятель – борец за идеалы национальной культуры.

Вспоминая его живой образ, я нередко ловлю себя на мысли, что при всем многообразии существующих ныне политических партий на самом деле есть только две, не обозначившие пока себя должным оформлением на политическом ландшафте: партия патриотов и партия всех остальных, по духу не принадлежащих к первой. К первой принадлежат все те, кто живет не ради корысти, а заботами своего народа, причем народа не вообще, а трудящегося большинства, кто не покинет свою страну ради более теплого и сытого места. И вторая партия – партия всех остальных, кому не важно, где жить, им народ нужен лишь только как электорат на время выборов, чтобы дальше, не думая о нем, прокручивать свои личные делишки ради только собственной выгоды.

В.А. Чивилихин был истинным патриотом своей страны, живший заботами всего трудящегося народа, на котором только и держится сама страна, все ее государственные устои, традиции, культура. И если бы он был жив сегодня, когда страна и ее народ переживают не лучшие времена, то он, без сомнения, не мелькал бы в ряду тех «звезд» сомнительной культуры, напоминающей «шабаш на лысой горе», а был бы в первых рядах тех, кто отстаивал и воспевал бы идеалы национальной культуры, как основы жизни, благополучия и процветания своего народа.

Спустя два года после ухода из жизни В.А. Чивилихина, Л. Леонов писал: «Помимо ремесла нас с этим хорошим, не успевшим в полную силу высказаться писателем сближала родственность по теме (и острейшей надобности!), зачастую обоюдно спорных раздумий наших о будущности мира». «Мы вступаем в пору надежд и оздоровления, и чем справедливее будет оценка всего накопленного человечеством в архиве памяти, тем глубже будет доставляемое литературой прозрение – в помощь людям сделать правильный выбор на историческом распутье. Последняя работа Чивилихина как раз и называется «Память», большой емкостью которой в данном случае наглядно мерится интеллектуальная значимость литератора. Часто вспоминаю и сожалею о его раннем уходе из жизни! 2 сентября 1986 г., Леонов Л.М.».

## ОТЗЫВ НА КНИГУ «МЕМУАРЫ»

М.К. ЯКУНИН, *проф., почетный акад. РАЕН, заслуженный работник лесной пром-сти РСФСР, ветеран Карельского фронта, ст. лейтенант, канд. техн. наук*

Университет попросил профессора Николая Константиновича Якунина, ветерана Великой Отечественной войны, воевавшего на Карельском фронте, высказать свое мнение о книге «Мемуары». Автор книги Дмитрий Андреевич Крутских, ветеран Великой Отечественной войны, генерал-полковник в отставке.

Николай Константинович согласился. Ниже публикуется текст его отзыва о книге.

Объем книги 440 страниц, в том числе 25 фотографий из разных периодов жизни и 6 таблиц, характеризующих структурное построение различных военных служб. Написана хорошим, доходчивым языком и охватывает период с начала 1920 года и до наших дней.

Вначале автор дает краткую, интересную информацию о местности, где он родился (Воронежская область), истории его рода, периоды жизни членов этого рода и односельчан конца XIX и начала XX веков, кратко описывает ситуацию в период крестьянских восстаний в начале 20-х годов в Воронежской и Тамбовской областях, период создания колхозов, раскулачивания, арест его отца (в прошлом офицера царской армии), последующий период жизни их семьи и лично автора книги. Эти периоды жизни жителей всей России и Советского Союза.

Трудности и лишения этого периода автора не сломили. Получив начальное образование, он поступает в техникум города Усмань, а затем города Анна. Живя без отца, в постоянной нужде, автор вынужден был выполнять всевозможные неквалифицированные и случайные работы, жил впроголодь, но учебу не бросил. Тяга к знаниям была так сильна, что она помогла ему преодолеть все трудности, лишения и добиться поступления в Ленинградское военное инженерное училище, которое успешно закончил, получил звание лейтенанта и в сентябре

1939 года прибыл в г. Кандалакшу (Карелия) для дальнейшего прохождения воинской службы в роли командира взвода.

Автор правдиво описывает обстановку того периода, начало военных действий с Финляндией (ноябрь 1939 – март 1940 годов), показывает соотношение сил обеих стран, наше превосходство в вооружении, технике и численности войск. На конкретных примерах боевых действий он правдиво показывает трагическое проявление и последствия беспечности и самонадеянности нашего высокого командования в обеспечении армии сезонной одеждой, лыжами и лыжным снаряжением, отсутствие у лыжных подразделений соответствующего мастерства. Все это привело к окружениям наших военных подразделений финскими войсками, а в итоге значительным жертвам и политическому поражению нашей страны. Это явилось результатом переоценки силового фактора: со стороны СССР в этом конфликте было сосредоточено 1 млн 600 тыс. солдат, а у финнов 400 тыс., то есть в 4 раза меньше. Тем не менее, финская сторона нанесла нам чувствительный урон. СССР потерял за 105 суток войны (а планировали разбить финнов за 15 суток) 290 тыс. человек убитыми, ранеными и обмороженными, а финны потеряли 23 тыс. человек убитыми и 44 тыс. человек ранеными.

Автор, описывая этот период, правдиво и убедительно показывает те недоработки и упущения в высших сферах политического руководства страной и командования войсками, и развитие утверждения и пропаганды о непобедимости Красной Армии, которые привели к тяжелым последствиям.

Он показывает, какие уроки были извлечены по окончании этой позорной войны: была введена четкая субординация, повышена личная ответственность командования и роль морального аспекта в военной работе.

Великая Отечественная война застала автора в г. Кемь (Карелия). Он, будучи непосредственным участником тех событий, которые были в 1940 – 1941 годы, приводит примеры, которые побудили высшее командование к пересмотру ряда теоретических положений. Однако начало войны для войск, дислоцированных в Карелии, было полной неожиданностью. Автор на конкретных примерах показывает тот гигантский объем оборонительных работ, которые проделали находящиеся здесь войска и жители Карелии.

Усилия армии и народа Карелии не позволили фашистским войскам захватить Кировскую железную дорогу, соединяющую г. Мурманск, незамерзающий порт, с центральной частью страны.

Он убедительно описывает обстановку и ее изменения за все годы Великой Отечественной войны и тактические приемы разгрома немецко-фашистских и финских войск в Карелии и на севере Норвегии. В 1942 году автор в звании лейтенанта командовал батальоном, имел 5 ранений и 25 февраля 1942 года был направлен в разведотдел Карельского фронта, в котором служил до августа 1943 года в должности помощника начальника 6-го диверсионно-разведывательного отделения. В этой роли автор участвовал в разработке и осуществлении ряда разведывательных, диверсионных и тактических операций с участием различных родов войск, авиации и партизан. Обладая обширной, систематизированной информацией из первоисточников, он дает интересные описания обстановки, а также оборонительных и наступательных операций на различных направлениях Карельского фронта – Уктинском, Медвежьегорском, Лоукском, Кандалакшском, Свирском, Мурманском, Петрозаводском.

Автор отзывает с 1942 по январь 1945 г. участвовал в боевых действиях и выполнении военных заданий на Кандалакском, Лоукском, Кекском, Свирском направлениях.

Те места книги, где описываются операции на этих направлениях, автор отзывает читал с огромным волнением. Эти перио-

ды войны автор книги описал с аргументированной подробностью и раскрытием квалифицированных действий и тактических замыслов нашего командования. (Автор этого отзывает в те годы сам был участником этих действий).

В августе 1943 года автор «Мемуаров» был переведен начальником разведки в штаб инженерных войск Карельского фронта. В этой роли он организовал и осуществлял исполнение ряда операций по минированию инженерных и стратегически важных объектов в тылу противника, подрыву их мостов и других фортификационных сооружений, а также разработке систем инженерной обороны и карт для наших войск.

После смены командующего Карельским фронтом Фролова и назначения на эту роль Мерецкова в феврале 1944 года началась большая подготовительная работа по разработке тактических, оперативных и военных действий по освобождению Карелии от немецких и финских захватчиков. В разработке и осуществлении этих планов автор мемуаров принимал активное участие.

Объем и содержание этих планов он доходчиво изложил на страницах своей книги. Эти планы были талантливо осуществлены, и Карелия была полностью освобождена от немецких и финских захватчиков.

В октябре 1944 года была завершена Гетсално-Киркенесская наступательная операция в тесном взаимодействии с Северным флотом.

В подготовке и ее осуществлении он тоже принимал непосредственное участие. Завершая описание событий в Карелии и на правом фланге огромного фронта страны, он приводит фамилии, имена и отчества многих командиров высокого ранга, командиров полков, батальонов, рот и даже рядовых солдат, выполнявших сложные боевые задания и получивших соответствующие награды. Такую детализацию может сделать только тот, кто жил той жизнью, планировал и осуществлял боевые действия, приведшие нас к победе.

После завершения боевых действий в Карелии Д.А. Крутских был направлен на

2-й Прибалтийский фронт, имея воинское звание подполковника в возрасте 24 лет. Здесь он и ряд других офицеров также занимался разведкой. Фронтом командовал маршал Рокоссовский, который их встретил и с каждым имел обстоятельную беседу. По мере продвижения наших войск этот фронт преобразовывался, в связи с требованиями оперативной обстановки.

Победу над фашистской Германией автор встретил в составе 2-го Белорусского фронта. В августе 1945 года в составе группы наших войск он был направлен на Дальний Восток в органы разведки. Ее основной задачей была инженерная разведка фортификационных и оборонительных сооружений Японии, выявление ее слабых мест и подготовка соответствующих штурмовых отрядов.

Описывая этот период войны с Японией, он дает убедительные примеры возникающих трудностей, творческих методов их преодоления, высадки десантов на городах Харбине и Грине (в которых он участвовал), пленения японских генералов. Автор справедливо, популярно и доходчиво описывает свои встречи со своим начальством – известными маршалами Василевским и Мерцковым, выдающимися полководцами, командирами полков, батальонов и рот, из разных родов войск, с которыми он служил, проводил разведывательные операции, участвовал в дисантировании, питался общим боевым пайком с солдатами.

Закончилась война с Японией. Наступил мир. Высшее командование страны в 1946 году направляет Дмитрия Андреевича на учебу в академию им. Фрунзе. После успешной сдачи вступительных экзаменов он с большим усердием изучает программные общеобразовательные и специальные военные дисциплины. С большим уважением и любовью он отзывается о преподавателях академии, обстановке товарищеской дружбы, участии в общественной работе.

Наряду с этим он описывает и некоторые негативные стороны того периода жизни страны, которые не обошли и академию в 1947 году, некоторые острые момен-

ты, возникавшие на лекциях и во взаимоотношениях с преподавателями.

Будущий автор «Мемуаров» закончил академию им. М.В. Фрунзе в 1949 году и по просьбе маршала Мерцкова К.А. был направлен старшим офицером оперативного отдела опер. управления штаба Беломорского округа. Позже он был переименован в Северный военный округ со штабом в Петрозаводске.

Характеризуя этот округ, автор с большой теплотой отзывается о его сотрудниках, командирах, товарищеской дружбе, военных учениях и их коллективном анализе. В коллективе командиров сформировалась подлинная творческая атмосфера и дружба. Автор доходчиво описывает те методы, которыми руководство округа формировало эту здоровую творческую, товарищескую атмосферу.

На севере автор прослужил 4 года. В 1954 году он получил назначение в город Мурманск в 67-ю стрелковую дивизию на должность начальника штаба в звании полковника. Рассказывая про этот период службы, он с большой теплотой отзывается о своих командирах, о проведении учебных занятий, специфике учебы в условиях севера, обилующего озерами и болотами, описывает приезд в Североморск министра обороны, маршала Г.К. Жукова, его требования и указания, приезд инспекции во главе с маршалом Р.Я. Малиновским, свои встречи и беседы с ним, его предложении направить полковника Д.А. Крутских на учебу в Академию Генерального штаба. В 1957 году его направляют на учебу в академию Генерального штаба, которую он закончил в 1959 году.

Здесь он описывает специфику учебного процесса, свои выступления перед офицерским составом, прощальный выпускной вечер, а также встречи с известными маршалами Красной Армии, руководителями Партии и Правительства в ЦК КПСС, Совете министров СССР.

По окончании академии полковник Крутских 6 лет работал на различных постах. Видя его способности и учитывая напряженность международной обстановки, руководство Вооруженными силами страны

в январе 1969 года направляет его на учебу в Высшие академические курсы Академии Генерального штаба Вооруженных сил СССР, где много внимания уделялось вопросам управления войсками и командно-штабной работе с использованием современных технических средств обучения. Здесь слушатели изучали современное вооружение и взаимодействие различных родов войск в наступательных и оборонительных операциях.

В сентябре 1969 года его назначают командиром 69-й стрелковой дивизии, которая дислоцировалась в Вологде, избирают членом пленума обкома КПСС, а затем делегатом 22-го съезда КПСС с решающим голосом. Описывая работу съезда, автор дает ряд интересных личных суждений и впечатлений от основного доклада, встреч с делегатами и гостями съезда, выступлений Председателя Совмина СССР Косыгина, министра обороны, известных маршалов и решениях съезда.

Возвратившись в Вологду, он энергично разворачивает большую работу по реализации решений съезда, строительству жилья, организации учебы офицерского и рядового состава, установлению деловых контактов с машиностроительными, станкостроительными и строительными организациями, описывает свои тяжелые переживания, связанные с сокращением численности дивизии, большую работу по организации и проведению XII Спартакиады Вооруженных сил СССР, восхищается ее результатами.

В июле 1964 года приказом Министерства обороны СССР его назначают председателем экзаменационной подкомиссии по тактике на Высших курсах «Выстрел» в г. Солнечногорске и затем от Ленинградского военного округа направляют на целину для уборки урожая.

Здесь полковник Крутских, со свойственной ему добросовестностью и усердием, также проводит большую работу, успешно выполняет все поручения, задания и изобретательно находит эффективные решения возникающих трудностей.

В ноябре 1964 года он возвращается в Вологду и приступает к привычной команд-

ной, партийной и депутатской работе. Здесь его избирают делегатом 23-го съезда КПСС.

Описывая работу съезда он высказывает ряд своих впечатлений от некоторых эпизодов, рассказывает об обстановке на съезде, своих встречах с делегатами и гостями съезда.

Возвратившись в Вологду, он участвует в организационной и практической работе по разъяснению и реализации решений съезда. Тогда же он описывает свои впечатления от встреч с Генеральным секретарем ЦК КПСС Л.И. Брежневым и Председателем Совмина СССР А.Н. Косыгиным, которые проездом в Северодвинск останавливались в Вологде.

Осенью 1967 года генерал-майора Крутских направляют в Туркменский военный округ в 18-ю Армию. Здесь он был назначен старшим оперативной группы по выдворению китайцев, вторгшихся на нашу территорию. Эта задача была выполнена.

В 1969 году Дмитрий Андреевич был направлен в Прибалтийский военный округ на должность заместителя командующего по боевой подготовке и вузам в городе Риге. Здесь он успешно служил до мая 1970 года. Хорошо изучил местную специфику, познакомился с руководителями местных партийных и советских организаций, командирами воинских частей.

В мае 1970 года по предложению министра обороны А.А. Гречко его назначают старшим группы советских военных специалистов в Республике Куба. Он встречается и получает необходимые указания от министра обороны и руководителей соответствующих отделов ЦК КПСС. В июне 1970 года он прибыл в г. Гавану (Куба). Здесь его встретили первый зам. министра Вооруженных сил Республики Куба и ведущие работники нашего посольства.

Здесь Д.А. Крутских пришлось решать ряд новых вопросов военного, тактического, политического и дипломатического характера, встречаться с новыми людьми разного должностного уровня, устанавливать с ними деловые контакты, организовывать и успешно осуществлять обучение кубинских граждан воинским профессиям, вникать в специ-

фику хозяйственной деятельности и грамотно учитывать все это в повседневной работе.

С задачами, поставленными руководством страны, автор справился успешно. Правительством Республики Куба он был отмечен наградой и в сентябре 1974 года возвратился на родину. Описывая время службы на Кубе, автор приводит много интересных деталей: встречи с кубинскими руководителями, их пытливые восприятия опыта советских специалистов, любознательность. На основании собственных наблюдений он приходит к некоторым интересным выводам и соображениям, которые не утратили своей актуальности и в наши дни.

После Кубы автора назначают сначала заместителем, а затем начальником штаба гражданской обороны РСФСР. Здесь он прослужил 12 лет. По его инициативе и при непосредственном участии здесь была отработана структура построения этой службы, ее техническое оснащение, штатный состав подразделений различного назначения, подчиненность, взаимодействие с родами войск, определен численный состав различных служб.

Это была огромная работа, имеющая большое государственное значение. В эту работу автор вложил много инициативы, творческого труда, организационных способностей и много опыта. Он болезненно воспринял решение начальника Управления гражданской обороны СССР от 30 мая 1992 года о ее ликвидации. Ее правопреемником стала Гражданская оборона Российской Федерации, которая в своей деятельности больше опиралась на силу директив и приказов. Начались различные реорганизации, перестройки, появились элементы формализма и огульного охаивания прошлого.

В сентябре 1986 года генерал-полковник Крутских вышел в отставку.

В 1986 году он принял активное участие в ликвидации последствий аварии на Чернобыльской атомной электростанции.

Наряду с описанием ряда острых и рискованных эпизодов, автор приходит к ряду практических выводов и дает рекомендации, которые целесообразно взять на вооружение сегодняшним руководящим структурам.

После увольнения из вооруженных сил по возрасту в 1987 году автор отдался общественной и литературной работе. Сегодня он является председателем Совета ветеранов Карельского фронта. Эту роль он выполняет со свойственной ему добросовестностью и пользуется большим, заслуженным авторитетом.

Из изложенного видно, что автор прошел огромный разносторонний жизненный путь, участвовал в боях, служил в штабах разного уровня, принимал активное участие в хозяйственной, партийной и военной деятельности округов, областей и всей страны. Занимая высокие посты, многие люди приобретают черты высокомерия, зазнайства, нетерпимости к чужому мнению, пренебрежительное отношение к рядовым гражданам, необъяснимую грубость и черствость.

Генерал-полковник Крутских, уйдя в отставку с высоких постов, остался доступным гражданам, он по-товарищески идет на контакт с любым человеком, командиром, солдатом, он охотно делится своим опытом, воспоминаниями, при необходимости помогает нуждающимся.

В книге, как в хорошей диссертационной работе, много поучительных примеров, схем, рассуждений, имен воинских командиров высокого ранга – армий, дивизией, корпусов, полков, батальонов и рядовых. Это может изложить только тот, кто проникновенно и глубоко познал специфику армейской службы, вникал в нужды этих служб, заботился о рядовых солдатах, делил с ними их нужду, проявлял о них отеческую заботу.

В конце книги автор приводит ряд обобщенных философских размышлений, смелых суждений и выводов. Все они хорошо обоснованы, имеют большое воспитательное значение. Большое количество практического материала, правдивое его изложение, аргументированные, объективные выводы, суждения и пожелания позволяют автору отзыва, прошедшему школу Великой Отечественной войны рекомендовать описанный труд в качестве учебного пособия для воинских учебных заведений разного уровня.

## АННОТАЦИИ / ABSTRACTS

### **Мерзленко М.Д., Котуранов Д.Л. ОЦЕНКА КЛИМАЭКОТИПОВ ДУБА ЧЕРЕШЧАТОГО В ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ПОСЕВАХ ПОДМОСКОВЬЯ.**

В статье приведены результаты исследований быстрорастущих культур дуба в Московском регионе, проведенных с целью корректировки действующего лесосеменного районирования.

### **Степаненко И.И. ВЛИЯНИЕ ОДНОКРАТНОГО ВНЕСЕНИЯ УДОБРЕНИЙ НА РАДИАЛЬНЫЙ ПРИРОСТ СОСНЯКА БРУСНИЧНОГО.**

В статье представлены результаты исследования Влияния однократного внесения минеральных удобрений на радиальный прирост сосны обыкновенной – *Pinus sylvestris* в сосняке брусничном. Выявлена зависимость динамики радиального прироста от вида и дозы минеральных удобрений.

### **SINGLE FERTILIZATION INFLUENCE UPON THE REDIAL INCREMENT OF THE PINETUM VACCINIOSUM.**

The article contains the research results of a single fertilization influence upon the *Pinus sylvestris* redial increment in *Pinetum vacciniosum*. There is revealed an interdependence between dynamics of the redial increment and kinds and doze of fertilizers.

### **Ключников Л.Ю., Ключников И.Л. СОДЕЙСТВИЕ ПРОМЫСЛОВОМУ ВОСПРОИЗВОДСТВУ ЧЕРНИКИ И ГРИБОВ В СЛОЖНЫХ СУБОРЯХ.**

В еловых и сосновых лесах на богатых суглинках урожай черники и грибов может достигать 300-500 кг/га. Такие участки выделяют для промышленной заготовки. Рубки ухода и главного пользования требуется проводить так, чтобы меньше повреждать почву, ягодник и мицелий грибов. При сплошной рубке следует сохранять подрост хвойных и покров черники. Предпочтительны выборочные и постепенные главные рубки. В лесах среднего и старшего возраста рубками ухода создают оптимальный световой режим для плодоношения черники. Для произрастания грибов в молодых хвойных лесах следует сохранять биогруппы лиственных деревьев. Чтобы увеличить урожай грибов в лесах среднего и старшего возраста требуется сильное разреживание, которое необходимо выполнять в зимнее время.

### **ASSISTANCE TO INDUSTRY REPRODUCTION OF BILBERRY AND MUSHROOMS ON THE RICH LOOMY SOIL IN THE FIR-WOOD.**

Bilberry and mushrooms crops can reach 300-500 kgs/ha on rich loamy soil in the pinery and fir-wood.

Such kind of lots are chosen for industry half-finished production. Cleaning cutting and final felling should be carried out without damage of soil, berry field and mushroom lucelium.

Yong growth of coniferous and bilberry cover should be preserved at the clear cutting. Select and gradual final felling are most preferable. At the middle and elder age forest an optium light conditions are arranged for bilbtry fruitage. Leaved-tree biogroups should be preserved in the young conifer forest for mushrooms growing.

In order to raise mushroom corp at the middle and elder forests it should be main strong thin out within winter time.

**Кулагин А.А. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПОВРЕЖДЕНИЙ АССИМИЛЯЦИОННЫХ ОРГАНОВ ТОПОЛЯ БАЛЬЗАМИЧЕСКОГО (POPULUS BALSAMIFERA L.) ИОНАМИ РАЗЛИЧНЫХ МЕТАЛЛОВ.**

На примере тополя бальзамического (*Populus balsamifera* L.) – древесной породы, широко используемой в санитарно-защитных лесных насаждениях, изучены рост и повреждения ассимиляционных органов, изменения дыхания и содержания пигментов в листьях под действием  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Ba^{2+}$ ,  $Mn^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$  и  $Pb^{2+}$  в условиях вегетационных экспериментов.

**EXPERIMENTAL EVALUATION OF A BALSAM POPLAR (POPULUS BALSAMIFERA L.) LEAVES DAMAGES BY METAL IONS.**

On an example of a *Populus balsamifera* L. – arboreal breed widely used in sanitary – shelter forests, the variations of respiration, contents of pigments in leaves, body height and damages of leaves under influence of some metal ions ( $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Ba^{2+}$ ,  $Mn^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$  and  $Pb^{2+}$ ) in experimental conditions was studied.

**Егоров М.Н. ФЕНОТИПИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ЕСТЕСТВЕННОГО ДРЕВОСТОЯ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ ХРЕНОВСКОГО БОРА В ЦЕНТРАЛЬНОМ ЧЕРНОЗЕМЬЕ.**

При изучении и анализе внутривидовой изменчивости сосны обыкновенной выявлены закономерности в строении насаждений, которые необходимо учитывать при проведении лесохозяйственных мероприятий, связанных с отбором высокопродуктивных форм и вырубкой малопродуктивных особей. Реализация данных мероприятия позволит наметить правильную ориентацию в дальнейших исследованиях по созданию базового селекционного задела у сосны обыкновенной как одного из основных лесообразователей страны в будущем.

**Востокова Л.Б., Шишкина Н.Г., Балабко П.Н. ПОЧВЫ ПОЙМЕННЫХ ЛЕСОВ НЕЧЕРНОЗЕМЬЯ.**

Проведена сравнительная характеристика свойств пойменных почв под лесной растительностью в разных почвенно-географических провинциях южно-таежной подзоны и отмечены их провинциальные особенности. Показано влияние типов леса на формирование лесных почв на разных генетических участках поймы и на участках пойм, вышедших из режима поемности, центральной поймы и притеррасья.

**Федотов Г.Н., Неклюдов А.Д., Пахомов Е.И. СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СКОРОСТИ ФЕРМЕНТАТИВНЫХ РЕАКЦИЙ В ПОЧВАХ.**

В статье предлагается новый метод определения скорости ферментативных реакций в почвах, что до настоящего времени было возможно только для двух ферментов – протеазы и целлюлозы.

Предлагаемый метод позволяет изучать влияние внешних воздействий на почвы на скорость ферментативных реакций, что представляет самостоятельный интерес.

Проведенные эксперименты показали, что скорость ферментативных реакций в почвах лимитируется диффузией субстрата.



**Федотов Г.Н., Пахомов Е.И., Поздняков А.И., Олиференко Г.Л. Прошина О.П. КОЛЛОИДНО-ГЕЛЕВАЯ СТРУКТУРА КАК ИНФОРМАЦИОННЫЙ ПОКАЗАТЕЛЬ СОСТОЯНИЯ ПОЧВ».**

Предложен метод оценки состояния каркаса органно-минерального геля почв, основанный на определении диффузионно-адсорбционного потенциала, возникающего между изучаемой почвой и контактирующей с ней ионообменной мембраной.

Показано, что при добавлении воды в воздушно-сухие почвы происходит увеличение объема геля и «залечивание» микротрещин, образующихся в гелевой матрице при высушивании почв, что меняет активность ионов и скорость их диффузии в почвах.

**Маренков В.О. УПРАВЛЕНИЕ ДЕНЕЖНЫМИ СРЕДСТВАМИ ЛЕСОПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

В статье рассмотрена система управления финансами предприятия, включающая в себя оперативное управление дебиторской задолженностью, оперативное управление краткосрочными финансовыми вложениями, оперативное управление кассовой наличностью предприятия.

**Маренков В.О. АНАЛИЗ ГЛАВНЫХ ПРИЧИН, СДЕРЖИВАЮЩИХ ПРИТОК ИНВЕСТИЦИЙ В ЛЕСОПРОМЫШЛЕННЫЙ СЕКТОР РОССИИ**

Обоснована необходимость построения эффективной системы управления финансами для предприятий лесопромышленного комплекса.

**Чернякевич Л.М. МЕТОДИКА ОРГАНИЗАЦИОННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ СТРУКТУР ГОСУДАРСТВЕННОГО И ХОЗЯЙСТВЕННОГО УПРАВЛЕНИЯ ЛЕСАМИ**

Рассмотрен методический подход к проектированию организационных структур государственного управления лесами и ведения лесного хозяйства. Проведена классификация функций государственного и хозяйственного управления лесами.

Methods to develop structures for state forest administration and forest management. Forest management functions are classified.

**Харченко Н.Н. ЖИЗНЕННЫЕ ФОРМЫ НОРНЫХ ЗВЕРЕЙ СРЕДНЕГО ПОДОНЬЯ. ЭКОМОРФЫ НОРНЫХ ЗВЕРЕЙ СРЕДНЕГО ПОДОНЬЯ. СТРУКТУРА, РАЗМЕРЫ ПОСЕЛЕНИЙ И ИНДИВИДУАЛЬНЫХ УЧАСТКОВ НОРНЫХ ЗВЕРЕЙ СРЕДНЕГО ПОДОНЬЯ. ТРОФИЧЕСКИЕ ЖИЗНЕННЫЕ ФОРМЫ НОРНЫХ ЗВЕРЕЙ СРЕДНЕГО ПОДОНЬЯ**

Статьи посвящены изучению жизненных форм норных млекопитающих, внешнего облика норных зверей, морфотипов, рационального заселения территории и оптимального использования кормовых ресурсов.

**Серков Б.Б., Сивенков А.Б., Буй Динь Тхань, Асеева Р.М. ТЕПЛОВЫДЕЛЕНИЕ ПРИ ГОРЕНИИ ДРЕВЕСИНЫ**

Настоящая работа направлена на определение характеристик тепловыделения при горении древесины различных пород, типичных для средней полосы России, а также тропического и субэкваториального региона Вьетнама. Цель исследования – выяснить основные факторы и отличительные признаки древесины, влияющие на выделение тепла при ее горении.

**Котов А.В., Лапшин Ю.Г., Родионов А.И. О КОНТРОЛЕ КАЧЕСТВА ДРЕВЕСНОСТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ.**

Для контроля качества выпускаемых ДСтП предлагается использовать так называемый интегральный метод, основанный на учете истории предприятия. Введение распределения входного уровня дефектности, определяемого в течение длительного времени, постоянно обновляемого на основе данных текущего приемочного контроля, дает возможность отказаться от принципа «уровень доверия» и перейти на приемочный контроль, учитывающий индивидуальные особенности предприятия.

**Гнатовская И.В. К ВОПРОСУ ПРОИЗВОДСТВА ПИЛОПРОДУКЦИИ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЩЕПЫ ИЗ НИЗКОКАЧЕСТВЕННОЙ ДРЕВЕСИНЫ.**

Излагается возможность переработки низкокачественной древесины на пиломатериалы и технологическую щепу. Дан анализ лесопильного оборудования.

**QUESTION OF TECHNOLOGICAL PROCESS LUMBER AND CHIP PRODUCTION USING LOW QUALITY WOOD.**

Stated possibility of conversion bad quality wood on lumber and technological slivers. Given analysis of timber equipment.

**Гелес И.С., Коржова М.А., К ВОПРОСУ РАЗРАБОТКИ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ КАТИОНИТОВ ИЗ ЛИГНОСУЛЬФОНАТОВ БИСУЛЬФИТНОЙ ВАРКИ ЕЛИ НА НАТРИЕВОМ ОСНОВАНИИ С МИНИМИЗАЦИЕЙ УЩЕРБА ПОВЕРХНОСТНЫМ ВОДАМ.**

На основании анализа, технологий получения катионитов из отработанных растворов сульфитного производства сделан вывод об отсутствии путей использования не вступивших в реакцию 20-35 % лигносульфонатов от исходного их содержания, что ведет к загрязнению поверхностных вод. На основе предложенной модификации известных способов резко сократилось количество веществ, не участвующих в процессе поликонденсации несмотря на то, что дополнительно были использованы соединения сточных вод других отделов предприятия. Вследствие изменения условий получения катионитов в сточных водах от его промывки согласно УФ-спектрам намного снизилось содержание веществ ароматической природы, что должно значительно улучшить работу биологических очистных сооружений.

**Тарасов С.М., Азаров В.И., Ковернинский И.Н. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В РАЗВИТИИ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА БУМАГИ И КАРТОНА.**

В статье рассказывается о современных направлениях в развитии технологии производства бумаги и картона. Рассматривается большинство аспектов этой технологии: подготовка бумажной массы; бумагоделательное оборудование; основные процессы бумагоделательного производства и др. Показаны новейшие технологические разработки в этой области, в том числе сделанные с участием авторов статьи. Большое внимание уделено использованию активных химических добавок для улучшения качества готовой продукции и повышения эффективности производственного процесса.

In clause it is told about modern directions in development of the «know-how» of a paper and cardboard. The majority of aspects of this technology is considered: preparation of stock; papermaking equipment; the basic processes of papermaking etc. Are shown the newest technological development in this area, including made with participation of the authors of clause. The prospects of a direction of perfection of technology of a paper and cardboard are marked. The large attention is given to use of the active chemical additives for improvement of quality of ready production and increase of efficiency of production.

**Тарасов С.М. ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОКЛЕЙКИ КАРТОНА ДЛЯ ПЛОСКИХ СЛОЕВ ЖИРНЫМИ КИСЛОТАМИ ТАЛЛОВОГО МАСЛА В НЕЙТРАЛЬНОЙ СРЕДЕ.**

Приводятся результаты исследований проклеивающей эффективности жирных кислот – побочного продукта производства щелочной целлюлозы, производимого в большом количестве и практически не находящего применения в целлюлозно-бумажной промышленности. Представленные данные, касающиеся проклейки картона-основы для плоских слоев гофрированного картона, изготовляемого из 100 % вторичного волокнистого сырья при его формировании в нейтральной среде, отвечают общим современным тенденциям в технологии производства бумажно-картонных материалов и имеют экономическую целесообразность.

The results of researches of glueing efficiency of greasy acids – collateral product of manufacture of alkaline cellulose made in a plenty and practically of not finding application in a pulp-and-paper industry are resulted. Submitted given, concerning glueing of a cardboard-basis for flat layers of the goffered cardboard made of 100 % of secondary fibrous raw material at its formation in neutral environment, answer general modern lines in the "know-how" of paper-cardboard materials and have an economic feasibility.

**Якимович С.Б. ПОСТАНОВКА И РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ СИНТЕЗА И ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ ЛЕСОЗАГОТОВОК.**

Дана постановка и результаты решения задачи оптимального управления траекторией технологического процесса и управлениями её обеспечивающими и нахождения, соответствующего полученной траектории, размещения технических функций или степень их совмещения в пространстве и времени маршрута технологического процесса по критерию интегрального функционала удельной энергоёмкости. Приведен анализ на чувствительность сравнительно с технологическими процессами оптимальными по быстрдействию.

**ORGANIZATION AND SOLUTION OF PROBLEM OF SYNTHESSES AND OPTIMUM MANAGEMENT OF TECHNOLOGICAL PROCESSES OF LOGGING.**

Production and results of deciding a problem of optimum governing technological process path and management its ensuring and findings, corresponding tinned paths, accomodations of technical functions or degree of their combining in the space and time of the route of technological process on the criterion integral functional specific energy/output ratio are given. Analysis on sensitivity relatively with technological processes optimum on the speed is brought.

**Мехренцев А.В., Сазонова Е.А. СИНТЕЗ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА ЛЕСОСЕЧНЫХ РАБОТ.**

При проектировании технологического процесса большое значение имеет правильный выбор критериев и методики расчета комплекса машин, позволяющего выполнить эффективно заданный объем заготовки леса. Для оценки эффективности лесозаготовительных систем целесообразно ввести комплексный количественный показатель. В качестве такого показателя предлагается рассматривать технологическое топливное число.

**SYNTHESIZING OF PRODUCTION PROCESS LOGGING OF OPERATIONS.**

At projection of a manufacturing process the large value has exact selection of yardsticks and method of application of calculation of a complex of machines permitting to execute effectively given bulk of perform of a forest. For an estimation of performance logging systems the all-up quantitative index is expedient to enter. As such index it is offered to consider technological propellant number.

**Ширнин Ю.А., Онучин Е.М. РЕЗУЛЬТАТЫ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ КОЛЁСНОЙ ЛЕСНОЙ МАШИНЫ ПО ЛЕНТЕ ЛЕСА**

В статье описана программа имитационного моделирования движения колёсных лесных машин по ленте леса без прокладки волока, разработанная в среде Mechanical Desktop 6 Power Pack с использованием языков программирования Visual Basic for Application и Visual Lisp. Приведены результаты вычислительного эксперимента на имитационной модели, отражающие влияние характеристик машины и параметров лент леса на их проникаемость.

In this article is described the program of imitation modeling of wheeled machines movement in forest area without liner of portages developed in Mechanical Desktop 6 Power Pack with use of Visual Basic for Application and Visual Lisp. Also the results of calculation experiments with the model reflective influence of machine specifications and forest area parameters on their penetration are presented.

**Казаков И.В. ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРИКАТЫВАЮЩЕГО КАТКА НА СТЕПЕНЬ УПЛОТНЕНИЯ ПОЧВЫ.**

Рассмотрено влияние параметров прикатавающего катка сеялок на степень уплотнения почвы.

**Царев Е.М. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ЛЕСОУДЕРЖИВАЮЩЕЙ ЗАПАНИ, ИСХОДЯ ИЗ НОВЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ УСЛОВИЙ.**

Предлагается метод расчета запани для сбора аварийной древесины на акваториях крупных водохранилищ с целью защиты гидротехнических сооружений.

**THE PERFECTION OF WITHHOLD BOOT CALCULATION METHODS, ACCORDING TO THE INDUSTRIAL CONDITIONS.**

A method of boot calculation for emergency wood collection on big water reservoirs for the purpose of hydro- construction protection is given.

**Шадрин А.А. УПРАВЛЕНИЕ ПОТОКАМИ ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ В КОМБИНИРОВАННОМ ЦЕХЕ.**

В статье рассматривается, как при изменении состава поступившего на обработку древесного сырья загрузка станков и выход готовой продукции в лесообрабатывающем цехе может быть существенно повышена за счет оперативного управления потоками лесоматериалов в процессе их обработки и дозагрузки станков цеха дополнительными видами круглых лесоматериалов.

**Башмаков Д. Ю. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ СТЕНД И МЕТОДИКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ДЛИТЕЛЬНОЙ ПРОЧНОСТИ ПРИ ЗНАКОПЕРЕМЕННЫХ ТЕПЛОВЫХ И ВЛАЖНОСТНЫХ ГРАНИЧНЫХ УСЛОВИЯХ.**

В статье описывается экспериментальный стенд и методика для исследования длительной прочности при знакопеременных тепловых и влажностных граничных условиях.

**THE EXPERIMENTAL STAND AND TECHNIQUE FOR RESEARCH OF DURABILITY OF A MATERIAL UNDER INFLUENCE OF HEAT AND HUMIDITY.**

The article concerns the experimental stand and technique for research of durability of a material under influence of heat and humidity.

**Вэньчже ЯН. ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ И ДОЛГОВЕЧНОСТИ ТЯГОВЫХ ЦЕПЕЙ ЗАБОЙНЫХ СКРЕБКОВЫХ КОНВЕЙЕРОВ**

В настоящей работе рассматривается возможность оценки эксплуатационной прочности звеньев цепи по удельной мощности разрушения.

**Саврухин А.П. МЕТОДИКА И ПРОГРАММЫ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ В ОБЛАСТИ ФИЗИКИ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ.**

Доказано, что распады ряда элементарных частиц энергетически соответствуют принципу золотого сечения.

**METHOD AND PROGRAMS OF PROCESSING OF THE INFORMATION IN THE FIELD OF HIGH ENERGY PHYSICS.**

It is proved, that decay of some elementary particles energetically correspond to a principle of gold section.

**Полещук О.М. ПОСТРОЕНИЕ ИНТЕГРАЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ В РАМКАХ НЕЧЕТКОЙ ЭКСПЕРТНОЙ ИНФОРМАЦИИ.**

В работе построены интегральные модели экспертного оценивания, или описания признака, и интегральная модель результатов экспертного оценивания качественного признака у совокупности объектов.

**Полещук О.М. МЕТОДЫ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ НЕЧЕТКОЙ ЭКСПЕРТНОЙ ИНФОРМАЦИИ НА ЭТАПЕ ЕЕ ФОРМАЛИЗАЦИИ.**

Разработаны методы, позволяющие строить объективные сравнительные показатели формализованной нечеткой информации и на объективных основаниях осуществлять нечеткий кластер-анализ экспертной информации.

**Домрачев В.Г., Ретинская И.В., Нешта Е.П., Курникова М.П. ОБЗОР И АНАЛИЗ КОМПЬЮТЕРНЫХ СРЕДСТВ РАЗРАБОТКИ УЧЕБНЫХ КУРСОВ ДЛЯ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ.**

В статье приводится обзор сред разработки курсов для дистанционного обучения. Анализируются особенности таких курсов и специфика их разработки. Описываются некоторые из известных оболочек для создания дистанционных курсов.

The observe of programs for creating courses of remote education is carry out at the article. The peculiarities of such courses and the specific of their development are analyzed. Some of the modern packages for remote courses development are described.

**Антошина И.В., Домрачев В.Г., Ретинская И.В. ФОРМАЛИЗОВАННЫЙ ПОДХОД К МОДЕРНИЗАЦИИ ЛОКАЛЬНОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ**

Предлагается подход к принятию формализованного решения о модернизации локальной вычислительной сети. Его суть состоит в сравнении фактического качества функционирования сети с минимально необходимым. Для этого разрабатывается система показателей качества функционирования сети. Минимальные потребности рабочего процесса представляются совокупностью пороговых значений таких показателей.

The approach to acceptance of the formalized decision about modernization of the local computer network is offered. It based on comparison of a network functioning actual quality with minimal necessary quality. The system of quality parameters of a network functioning is developed. The minimal requirements of working process are represented by set of threshold meanings of such parameters.

**Герц Э.Ф. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ВЕРОЯТНОСТИ ПОВРЕЖДЕНИЯ РАСТИТЕЛЬНЫХ КОМПОНЕНТОВ ЛЕСА В ПРОЦЕССЕ ТРЕЛЕВКИ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБАХ ЗАХВАТА ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ.**

Приведена методика расчета площади, на которой повреждаются компоненты леса, и вероятность их повреждения в процессе трелевки лесоматериалов в полупогруженном положении при различных способах захвата.

**MATHEMATICAL MODEL OF ODDS OF DAMAGE OF VEGETATIVE REDUCTANTS OF A FOREST IN PROCESS LOGGING AT DIFFERENT WAYS OF GRIPPING OF TIMBER.**

The method of application of calculation of the floor space is reduced, on which one the reductants of a forest, and odds of their damage in process logging of timber in half loaded position are damaged at different ways of gripping.

**Савельев В.В., Ширнин Ю.А. КОНЦЕПЦИЯ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ ТИПА И КОНСТРУКЦИИ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД ЛЕСОВОЗНЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ.**

Комплексное проектирование дорожной конструкции позволяет выбрать наиболее рациональные способы обеспечения прочности, надежности, долговечности и экономичности дорожной одежды.

**Якунин М.К. ОТЗЫВ НА КНИГУ «МЕМУАРЫ»**

В 2002 г. типография МГУЛ издала книгу «Мемуары».

Автор – генерал-полковник Крутских Дмитрий Андреевич. Книга охватывает большой период жизни страны. В ней описан 50-летний опыт службы в армии автора книги в увязке с различными событиями жизни государства. Много внимания уделено периоду Великой Отечественной войны и в частности тому, что происходило на Карельском фронте.