

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР

ИЗВЕСТИЯ
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ
ЗАВЕДЕНИЙ

Лесной журнал

1

1987

АРХАНГЕЛЬСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМ. В. В. КУЙБЫШЕВА

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Акад. ВАСХНИЛ И. С. Мелехов (гл. редактор), доц. Е. С. Романов (зам. гл. редактора), проф. С. И. Морозов (зам. гл. редактора), проф. Н. М. Белая, доц. Е. М. Боровиков, проф. Ю. Г. Бутко, доц. П. И. Войчаль, проф. И. В. Воронин, проф. И. И. Гусев, проф. Ю. Я. Дмитриев, доц. Г. Л. Дранишников, проф. Р. Е. Калитеевский, проф. В. Г. Кочегаров, проф. Э. Д. Левин, проф. П. Н. Львов, проф. Н. В. Маковский, доц. Н. В. Никитин, проф. А. Р. Родин, проф. П. С. Серговский, проф. Ю. Д. Силуков, проф. Н. И. Федоров, проф. В. В. Щелкунов.

Ответственный секретарь А. И. Кольцова.



«Лесной журнал» публикует научные статьи по всем отраслям лесного дела, сообщения о внедрении законченных исследований в производство, о передовом опыте в лесном хозяйстве и лесной промышленности, информации о научной жизни высших учебных заведений. Предназначается для научных работников, аспирантов, инженеров лесного хозяйства и лесной промышленности, преподавателей вузов и техникумов, студентов старших курсов лесотехнических институтов. Журнал издается с 1957 года. Выходит 6 раз в год.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ
«ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ» № 1

Ст. редактор Н. П. Бойкова. Редактор З. Ф. Кекишева. Корректор Э. Н. Власова.

Сдано в набор 13.11.86. Подписано в печать 29.01.87. Ст. 00136.
Форм. бум. 70 × 108^{1/16}. Гарнитура литературная. Печать высокая.
Усл. печ. л. 12,95. Уч.-изд. л. 15,42. Тираж 1690 экз. Заказ 8723. Цена 1 р. 40 к.
Архангельский ордена Трудового Красного Знамени лесотехнический институт
им. В. В. Куйбышева.

Адрес редакции: 163007, Архангельск, 7, Набережная В. И. Ленина, 17, тел. 4-13-37.

Типография издательства «Правда Севера», 163002, г. Архангельск, пр. Новгородский, 32.

СЛАВНОМУ ЮБИЛЕЮ — НОВЫЕ СВЕРШЕНИЯ!

В 1987 г. советский народ, братские страны социализма, все прогрессивное человечество будут отмечать 70-летие Великой Октябрьской социалистической революции. Второй год двенадцатой пятилетки, первый после XXVII съезда КПСС, он должен подтвердить делом наше стремление добиться крутого перелома в темпах и качестве нашего экономического роста, обеспечить дальнейшее продвижение в выполнении социальных программ, намеченных в новой редакции Программы КПСС.

Увеличить свой вклад в решение этих задач стремится и лесная высшая школа. В 1987 г. должны четко определиться контуры перестройки всей системы высшего образования в нашей стране. Как и в экономике, главным здесь должно стать резкое повышение качества — качества подготовки инженерных кадров.

Политбюро ЦК КПСС на заседании 6 января 1987 г. рассмотрело и в основном одобрило подготовленные документы по вопросам совершенствования высшего образования. В них реализуются идеи, заложенные в проекте ЦК КПСС, вынесенном на широкое обсуждение, учтены мнения, высказанные в ходе этого обсуждения. Органы управления, которым Политбюро ЦК КПСС поручило окончательную доработку документов о высшей школе, несомненно, прислушаются и к тем предложениям, которые продолжают поступать. Среди них — вопрос о взаимодействии Минвузов и отраслевых министерств, для которых высшая школа готовит кадры*. Более четкое планирование потребности в специалистах, договорные отношения с элементами хозрасчета будут способствовать большей заинтересованности отраслевых министерств — заказчиков кадров в повышении качества их подготовки. Но дело не только в материальной помощи министерств вузам. Существует обратная связь от использования специалиста к качеству его подготовки.

Некоторое падение престижа инженерного труда, характерное для последних лет, не обошло стороной и лесного специалиста. И повинны в этом как вузы, так и производство. Часто ли перед инженером лесхоза, леспромхоза, лесопильно-деревообрабатывающего или целлюлозно-бумажного комбината ставятся задачи сложные, творческие, требующие глубоких разносторонних знаний, а значит, и увлекательные? Многие знания, полученные за пять лет учебы в институте, оказываются на производстве без применения и быстро утрачиваются. Разговоры о том, что молодой специалист, придя на производство, должен сам проявить инициативу и всюду прилагать свои знания, вносить новое, нельзя считать серьезными. Для такой роли и выпускник вуза не готов, и обстановки, заинтересованности в производственных коллективах пока нет. Существует круг: значительная масса студентов учится слабо, зная, что найдет место на производстве и закрепится на нем и без глубоких знаний; невысокий уровень вузовской подготовки обедняет содержание труда инженера, снижает его эффективность. Поэтому решительно улучшать обстановку надо и в вузе, и на производстве. Усложнение инженерного труда окажет стимулирующее влияние на учебу студентов,

* См. статью проф. И. В. Воронина в этом номере «Лесного журнала».

позволит и при современной материальной базе вузов повысить качество подготовки специалистов. И наоборот, без такой потребности даже обучение на новейшей технической базе смахивает на натаскивание.

В 1987 г. ряд отраслей народного хозяйства переводятся на новые условия хозяйствования, которые в скором будущем получат всеобщее распространение. Их отличительная особенность — повышение самостоятельности основного звена управления — предприятий, производственных и промышленных объединений, инициативы трудовых коллективов. Эти самостоятельность и инициатива подкрепляются весомыми экономическими стимулами. Но воспользоваться этими стимулами можно, только активно осуществляя на производстве научно-технический прогресс. Вот здесь-то и потребуются грамотные толковые инженеры, обработает содержание инженерного труда. И можно не сомневаться — срывает обратная связь: вузовский студент почувствует, как резко надо прибавить в учебе, чтобы, как говорится, не ударить в грязь лицом на производстве, перед трудовым коллективом.

В лесных отраслях научно-технический прогресс будет способствовать решению еще одной специфической проблемы — отказу от услуг недипломированных работников, занимающих должности инженеров, экономистов, организаторов. Ныне они неплохо, а часто лучше дипломированных справляются с рутинными обязанностями в плановых, производственных и других отделах. В условиях научно-технического прогресса предприятиям потребуются высокообразованные специалисты. Руководители и коллективы будут более, чем теперь, заинтересованы в закреплении молодых инженеров на предприятиях. Этот момент, думается, будет более действенным, чем денежные расчеты за полученного специалиста.

Хочется надеяться, что новые условия хозяйствования, создавая у предприятий и объединений потребность в непрерывном совершенствовании техники, технологии, организации производства, позволят разрешить или хотя бы смягчить одно из нелепых противоречий нашего общества. Речь идет о внедрении в производство достижений и рекомендаций науки. Медлительность и нежелание производства внедрять новое подрезают крылья научному поиску. От этого особенно страдает вузовская наука, отделенная от производства ведомственными перегородками. Но и она, со своей стороны, не должна ждать, что предприятия наперебой будут обращаться к ней за новинками. Это, если и будет, то не скоро. Главное — резко повысить результативность, эффективность научных исследований вузов.

Лесная высшая школа вступает в новый год с большими надеждами и еще большими задачами — служить научно-техническому прогрессу и испытывать его благотворное освежающее влияние!

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

УДК 630*385.1

ИНТЕНСИВНОСТЬ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОСУШЕНИЯ
ЛЕСНЫХ ЗЕМЕЛЬ

Б. В. БАБИКОВ

Ленинградская лесотехническая академия

Исследования, проведенные в Ленинградской области, показали, что достаточная лесоводственная эффективность осушения, характеризуемая ростом древостоев I...II классов бонитета, обеспечена только на 13...14% осушенной площади. На 20...30% площадей, представленных достаточно богатыми почвами, где могут произрастать древостой I...II классов бонитета, фактически он не выше III класса.

Известно, что лесоводственный эффект осушения зависит от многих причин, одна из главных — обеспечение нормы осушения. Под нормой осушения акад. А. Н. Костяков [1] понимал глубину грунтовых вод, которую необходимо поддерживать во время вегетации в различных фазах развития растений, а также и в невегетационный период. Наиболее важно обеспечение нормы осушения в период вегетации. В естественных условиях поддерживать заданную глубину грунтовых вод невозможно, поэтому в качестве показателя нормы осушения используют среднюю глубину грунтовых вод за период вегетации и глубину верховодки весной в начале активного роста побегов древесных растений. Для создания благоприятных условий и получения высокого лесоводственного эффекта на всей площади между осушительными каналами необходимо обеспечить норму осушения посередине между каналами. Понижение уровней грунтовых вод на осушаемой территории обеспечивает сеть регулирующих каналов (рис. 1).

Рис. 1. Влияние осушительных каналов на уровень грунтовых вод (H_1 , H_2 — напор; h — глубина грунтовых вод посередине между каналами, характеризующая норму осушения).



Каждый осушитель понижает грунтовые воды на прилегающей полосе, действуя на определенное расстояние. При этом образуются кривые спада уровней в сторону осушителей. Если расстояния между каналами небольшие, то кривые спада смыкаются и формируются кривые депрессии.

Изучая условия высокого стояния грунтовых вод, А. Н. Костяков выделяет два состояния водного питания: внешнее и внутреннее. При внутреннем питании грунтовых вод избыточное увлажнение в основном создается за счет превышения осадков над испарением. При внешнем питании в пределы данного участка кроме осадков возможен, например, приток фильтрационных вод с прилегающих территорий. Во втором случае возникает необходимость в отводе большего количества воды.

Наши исследования проведены на верховых и переходных болотах, осушенных открытыми каналами, проведенными через разные расстояния. Верховые болота в зависимости от глубины и характера строения

торфяной залежи были представлены тремя группами: I — болота с большой мощностью торфа (2,0 ... 2,5 м), строение торфяной залежи относительно однородно, без резких различий по глубине в степени разложения и коэффициентах фильтрации; II — болота с глубиной торфа до 2,5 м с двухслойной торфяной залежью, где верхний слой торфа мощностью 0,4 ... 0,6 м, имеющий коэффициенты фильтрации 0,014 ... 0,043 см/с, подстилался хорошо разложившимся торфом с коэффициентом фильтрации 0,0021 ... 0,0023 см/с; III — маломощные верховые болота с глубиной торфа 0,4 ... 0,6 м, где осушители врезаны в подстилающий суглинистый грунт. Переходные болота представлены мощными однослойными торфяниками глубиной 2 ... 3 м с коэффициентами фильтрации 0,0024 см/с, без существенных их изменений до глубины 1,2 ... 1,3 м.

На опытных участках болот I группы каналы проведены через 52 и 105 м; II группы — через 65, 130 и 205 м; III группы — через 150 м; на переходных болотах — через 126 ... 130 м, глубина каналов составляет 1,0 ... 1,2 м.

При осушении земель для лесовыращивания важно понизить грунтовые воды на всей полосе между каналами, обеспечить норму осушения посередине между ними (рис. 1). На рис. 2 приведены кривые уровней грунтовых вод (УГВ), построенные по многолетним средним за май — сентябрь данным и их предельные значения. На мощном верховом болоте с однослойной залежью (рис. 2, а) при расстоянии между

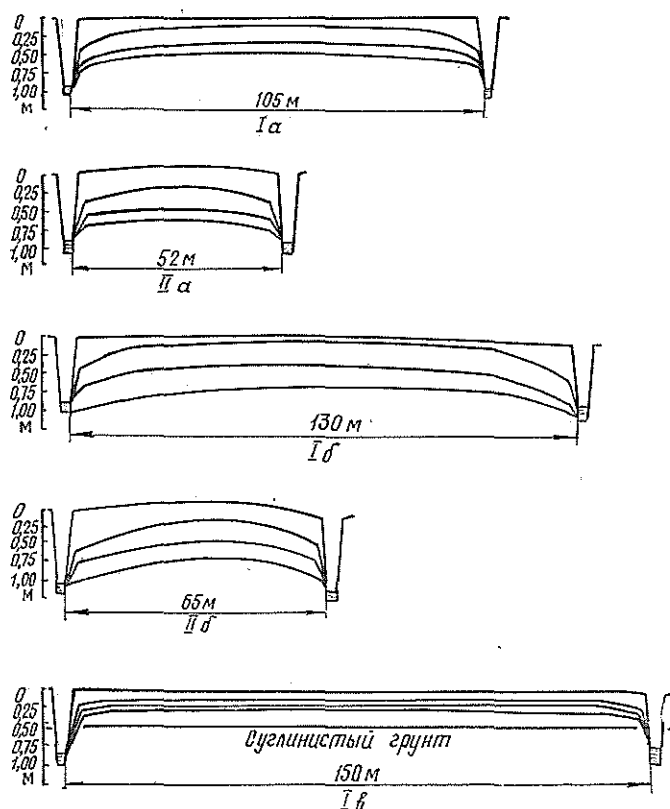


Рис. 2. Действие осушительных каналов на торфяниках. Ia, IIa — мощных однослойных; Iб, IIб — мощных слоистых; Iв — маломощных (мелких).

каналами 52 м наблюдается сформированная четкая кривая депрессии. На участках с расстояниями между каналами 105 м кривая депрессии формируется только в кратковременные периоды при высоких УГВ, в основном же наблюдаются кривые спада на расстояниях до 20...25 м от каналов.

На верховом болоте, представленном разнородным по строению профилю торфом, при расстояниях между каналами 65 м наблюдается устойчивая кривая депрессии (за исключением периодов сильных дождей) — рис. 2, б. При расстояниях 130 м ветви кривой грунтовых вод не смыкаются и выражены только на удалении до 25...30 м от каналов. Здесь за 15-летний период, за исключением засушливых лет, грунтовые воды, даже в скважинах, расположенных на расстоянии 1 м от осушителя, не понижались более чем до 40...60 см. При расстояниях 205 м действие осушителей прекращалось на удалении 20...25 м от каналов. Еще в меньшей степени проявляется осушающее действие каналов на мелких торфяниках, подстилаемых слабоводопроницаемыми грунтами. На верховом болоте с мощностью торфа около 0,5 м, подстилаемом суглинками, четкое понижение грунтовых вод прослеживается не далее 15...20 м от осушителей (рис. 2, в).

Исследования Х. А. Писарькова [2] показали, что в тех случаях, когда между каналами формируются кривые депрессии грунтовых вод, их действие можно рассматривать как при внутреннем водном питании. В этом случае под действием регулирующих каналов в определенной степени происходит понижение грунтовых вод на всей полосе между каналами. При понижении грунтовых вод поры почвы освобождаются от воды и образуется свободная аккумуляционная емкость почвы. Создаются условия для аккумуляции жидких осадков и значительной части вод весеннего снеготаяния.

Если между каналами кривые депрессии не формируются, а образуются кривые спада грунтовых вод в сторону осушителей, то каналы действуют как при внешнем водном питании. В этом случае существенная емкость аккумуляции создается только вблизи каналов. По мере удаления от осушителей верховодка располагается у поверхности, в осушаемую каналами зону постоянно происходит подток воды с удаленных участков, где грунтовые воды располагаются вблизи поверхности. Поэтому расстояние действия каналов в сторону сильно уменьшается и каждый из каналов даже при систематическом, но редком их размещении действует как одиночный. Если расстояния очень большие, то удаленность действия таких «одиночных» каналов ничтожно мала. В таких случаях прирост древостоев по мере удаления от каналов быстро падает, что обычно и наблюдается на староосушенных участках болот, особенно с бедными почвами.

В нашем примере рост леса изучался на верховом болоте (см. таблицу). Зольность корнеобитаемой зоны торфа, состоящего преимущественно из сфагнумов медуны и парвифолиум, равнялась 1,9...3,6%. До осушения древостой на болоте характеризовался V—Va классами бонитета. Через 17 лет после осушения запас древостоя увеличился повсеместно, но по-разному. На участке 9, где осушительные каналы проведены через 65 м, прирост возле осушителей составил 46...51 м³, посередине — 33 м³. На участке 10 с каналами через 130 м прирост изменился от 28...35 м³ возле каналов до 23 м³ посередине. На участке 11, где каналы устроены через 205 м, прирост возле них составил 21...22 м³, а посередине только 6 м³.

Если учесть, что в первые 2—3 года в связи с перестройкой ассимиляционного аппарата и физиологического состояния деревьев рост не улучшился, то за последующие 15 лет годичный прирост на интенсивно осушенном участке 9 верхового болота достигал 3,0...3,4 м³, уменьша-

Таксационная характеристика сосновых древостоев
на осушенных верховых болотах

Но- мер проб- ной пло- щади	Средние		Полнота	Запас		Класс бони- тета	Расстоя- ние до канала, м	УГВ, см
	H, м	D, см		до осу- шения	после осуше- ния			

Расстояние между каналами 65 м (участок 9)

33	5,5	5,2	0,97	15	61	III	10	31
34	4,5	4,8	0,96	17	50	III,5	32	27
35	4,8	5,0	0,98	19	70	III	10	32

Расстояние между каналами 130 м (участок 10)

36	6,9	8,3	0,89	31	66	IV	14	25
37	5,3	7,0	1,00	32	58	V	38	20
38	4,9	5,1	0,88	26	49	V	65	19
39	5,0	5,0	0,98	28	51	V	38	22
40	5,1	5,4	1,10	30	58	IV	14	26

Расстояние между каналами 205 м (участок 11)

41	4,8	4,5	0,94	20	42	V	20	19
42	5,0	4,9	1,10	41	59	V	60	15
43	4,3	4,3	0,94	40	46	V	102	13
44	5,0	4,8	1,04	46	54	V	60	17
45	5,5	5,8	0,89	36	57	V	20	20

ясь посередине между каналами до 2,1 м³. На участке 10 прирост 1,9... 2,3 м³ отмечен только вблизи осушителей, уменьшаясь посередине между каналами — 1,3 м³. На слабо осушенном участке 11 прирост посередине между каналами составлял около 0,4 м³, т. е. мало отличался от прироста на неосушенном болоте.

Увеличение расстояний между каналами незначительно повышает затраты на осушение, поскольку возрастает протяженность только осушителей, а длина проводящих каналов остается неизменной. При интенсивном осушении прирост древостоев резко увеличивается. Следовательно, необходимо строительство осушительных каналов, обеспечивающих формирование между осушителями кривых депрессии уровней грунтовых вод, где осушительная сеть действует как при внутреннем водном питании.

Необходимое расстояние между каналами ориентировочно можно определить по формулам или установить по фактическим наблюдениям.

Согласно техническим указаниям по осушению лесных земель, глубина осушителей после осадки торфа T_0 на мощных сфагновых болотах должна быть равна 1,2 м. По известной глубине каналов и глубине грунтовых вод посередине между ними в условиях сформировавшейся кривой депрессии можно рассчитать требуемое расстояние между осушителями для обеспечения необходимой нормы осушения, используя видоизмененную формулу Роте:

$$L = 2H \sqrt{\frac{k}{q}},$$

где L — расстояние между каналами, м;

H — напор ($H = T_0 - h$);

h — глубина грунтовых вод посередине между каналами;

k — коэффициент фильтрации;

q — модуль стока.

На участке верхового болота с однослойной залежью и расстоянием между каналами 52 м при глубине 1,1 м, где отмечена глубина грунто-

вых вод $h = 42$ см, определяем требуемое расстояние между осушителями. Принимая в приведенной формуле $\sqrt{\frac{h}{q}} = A$, вычисляем:

$$A = \frac{L}{2H} = \frac{52}{2 \cdot 0,68} = 38.$$

Находим, что при глубине каналов 1,2 м норму осушения 0,4 м можно обеспечить при расстоянии между осушителями:

$$L = 2HA = 2 \cdot 0,8 \cdot 38 = 61 \text{ м}$$

и при глубине каналов 1,0 м — 46 м.

На слоистых торфяниках при глубине канала 1,2 м расстояния должны быть равны 56 м, а при глубине каналов 1,0 м — 40 м.

На мелкозалежных торфяниках, сформировавшихся на слабОВОдопроницаемых грунтах, действие каналов практически прекращается на расстоянии около 20 м. Расстояние между каналами следует принимать 40...50 м.

Исследования действия осушительной сети на переходном болоте показали, что при расстоянии между каналами 128 м наблюдалась устойчивая кривая депрессии, уровень грунтовых вод посередине между каналами понизился в среднем на 50 см. Рост древостоя на всей полосе между каналами характеризовался I...II классами бонитета. На переходных болотах с богатыми почвами расстояние можно принимать равным 150...170 м.

Фактические расстояния между осушителями, принятые при осушении лесных земель в лесном фонде, на большинстве осушенных объектов в 1,5...2,0 раза больше требуемых. Редкая сеть осушителей — одна из главных причин слабого лесоводственного эффекта осушения лесных земель. Предлагаемые иногда варианты осушения земель редкой сетью каналов с последующим ее дополнением не оправданы ни с лесоводственной, ни с экономической стороны. При больших расстояниях между каналами, если не формируются кривые депрессии уровня грунтовых вод, резко снижается осушаемая площадь на единицу длины канала, осушительная сеть быстрее разрушается, что сокращает межремонтные периоды. Для обеспечения должного лесоводственного эффекта осушение земель следует проводить систематической сетью каналов с обеспечением необходимой нормы осушения одновременно на всей площади.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Костяков А. Н. Основы мелиорации.— М.: Сельхозгиз, 1960.— 622 с.
[2]. Писарьков Х. А. Влияние основных факторов на осушение лесных земель. Влияние осушительной сети на водный режим и рост леса// Науч. тр. ЛТА.— 1970.— № 142.— С. 3—27.

Поступила 7 февраля 1986 г.

УДК 630*181.525 : 630*160.27

ИЗМЕНЕНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ ВСХОЖЕСТИ СЕМЯН СОСНЫ И ЕЛИ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ВЫСОКИХ ДОЗ НЕКОТОРЫХ РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА (РЕТАРДАНТОВ)

В. А. АЛЕКСЕЕВ

Ленинградская лесотехническая академия

Влияние ретардантов на всхожесть лесных семян, прежде всего сосны и ели, совершенно не изучено [5]. Вместе с тем в лесу на поверхности подстилки может находиться некоторое количество свежесвыпав-

ших, но еще не проросших семян [2, 6], которые будут подвергаться воздействию ретардантов при опрыскивании крон деревьев в формирующихся молодняках на вырубках, проводимом в начале вегетационного периода (в середине — конце мая — начале июня) под Ленинградом. Поэтому возникает необходимость в изучении данного вопроса. Однако до проведения исследований в природной обстановке следует тщательно изучить его в контролируемых условиях. Для этого нами были поставлены лабораторные опыты по выявлению характера действия регуляторов роста на семена сосны и ели.

В первой серии опытов семена намачивали в течение 24 ч при температуре 18...20 °С, чтобы выявить влияние продолжительного действия препаратов на всхожесть семян [5]; во второй — кратковременного (в течение 1 ч), соответствующее времени возможного высыхания растворов на поверхности семян в природной обстановке при ясной погоде. Семена для опытов взяты «лежалые», заготовки 1979 г., хранившиеся в течение 4 лет в неблагоприятных условиях (в теплом помещении) и имевшие низкую всхожесть. При этом априори предполагалось, что может быть достигнуто некоторое улучшение их всхожести, поскольку отмечено положительное фунгицидное действие некоторых ретардантов [1]. Необходимость подобных исследований отмечают и другие авторы [5].

Концентрации водных растворов регуляторов роста были приняты высокие, соответствующие предельным нормам препаратов, применяемым или рекомендуемым для опрыскивания крон деревьев в молодняках. Семена проращивали в апреле 1983 г. с учетом рекомендаций ГОСТ 13056.6—75 [3] в аппаратах В. Д. Огиевского, но с подпиткой водой из отдельных стаканов. Во всех вариантах опыта взято 500 семян (по 100 шт. с 5-кратной повторностью) каждой породы. Семена проращивали при естественном освещении при температуре 20...24 °С. Энергия прорастания и всхожесть определены на 7-, 15- и 21-е сутки. Данные обработаны методом дисперсионного анализа по схеме однофакторного комплекса на ЭВМ «Наири-3» по специальной программе. В табл. 1—3 представлены основные результаты исследований.

Таблица 1

Влияние регуляторов роста на всхожесть семян хвойных
(замачивание в течение суток)

№ п/п	Препарат	Концентрация, % по д. в.	Всхожесть, % (среднее из 5 повторностей)			
			7-е сутки	15-е сутки	21-е сутки	в том числе с появлением семян
Сосна						
1	Кампозан	0,5	7,6	26,5	40,3	9,2
		1,0	3,4	19,2	33,3	6,6
2	Кампозан М	1,0	2,6	18,0	30,8	20,4
3	Гидрел	0,2	9,8	32,2	49,8	15,4
		0,4	10,6	32,8	42,6	17,0
4	Дигидрел	0,25	12,4	38,0	58,4	18,8
		0,5	9,8	31,8	52,0	12,6
	Контроль (вода)	—	22,6	42,3	66,2	28,4
Ель						
1	Кампозан	0,5	16,6	39,4	50,0	30,6
		1,0	4,6	25,2	33,6	15,4
2	Кампозан М	0,5	4,0	34,2	45,2	25,6
		1,0	7,8	29,0	39,2	18,4
3	Гидрел	0,2	16,8	41,2	54,6	30,6
		0,4	13,2	34,8	48,2	23,2
4	Дигидрел	0,25	11,6	44,4	62,0	31,6
		0,5	11,2	39,0	50,8	22,4
	Контроль (вода)	—	19,2	43,0	59,0	34,2

Таблица 2

Результаты дисперсионного анализа всхожести семян сосны

№ п/п	Препарат	День (сутки) учета	Показатели	Факторы		Результативный признак (y)		
				организованные (x)	неорганизованные (z)			
1	Кампозан	7	C	1 018,7	433,6	1 452,3		
			η^2	0,70	0,30	1,0		
			σ^2	509,3	36,1	—		
					F	14,09	—	—
		15	C	1 531,5	828,8	2 360,4		
			η^2	0,64	0,36	1,0		
			σ^2	765,7	69,0	—		
					F	11,08	—	—
		21	C	2 984,1	1 069,1	4 053,3		
η^2	0,74		0,26	1,0				
σ^2	1 492,0		89,0	—				
			F	16,74	—	—		
3	Гидрел	7	C	514,1	579,2	1 093,3		
			η^2	0,47	0,53	1,0		
			σ^2	257,0	48,2	—		
					F	5,32	—	—
		15	C	396,9	822,7	1 219,7		
			η^2	0,33	0,67	1,0		
			σ^2	198,4	68,5	—		
					F	2,89	—	—
		21	C	9 142,9	956,8	10 099,7		
η^2	0,9		0,1	1,0				
σ^2	4 571,4		79,7	—				
			F	57,33	—	—		
4	Дигидрел	7	C	457,7	589,1	1 046,9		
			η^2	0,43	0,57	1,0		
			σ^2	228,8	49,0	—		
					F	4,66	—	—
		15	C	336,9	349,9	686,9		
			η^2	0,49	0,51	1,0		
			σ^2	168,4	29,1	—		
					F	5,77	—	—
		21	C	505,7	1 206,0	1 711,7		
η^2	0,29		0,71	1,0				
σ^2	252,8		100,5	—				
			F	2,51	—	—		

Примечание. C — дисперсия; η^2 — степень влияния факторов; σ^2 — девиата; F — показатель достоверности влияния. Число степеней свободы (v) по факторам x, z, y равно 2; 12 и 14. Табличное значение $F_{0,05} = 3,88$; $F_{0,01} = 6,93$; $F_{0,005} = 8,51$.

При намачивании семян в течение 24 ч все ретарданты замедлили энергию прорастания на 7-е сутки (табл. 1), уменьшили всхожесть семян на 15-е и 21-е сутки, за исключение дигидрела. Дигидрел при концентрации 0,25 % менее всех подействовал на всхожесть семян сосны, а всхожесть семян ели даже несколько повысилась. Количество проростков сосны и ели с полностью раскрытыми семядолями во всех вариантах опыта значительно сократилось. Ингибирование роста проростков под влиянием 2,4-Д, ИУК, ИУК + кинетин отмечено также в опытах Н. Ю. Кондрашевой и А. А. Яценко-Хмелевского [4].

Данные дисперсионного анализа (табл. 2) показывают значительную степень влияния ретардантов на прорастание семян. Из всех изученных препаратов наибольшее тормозящее действие на энергию прорастания семян сосны на 7-е сутки оказал кампозан (степень влияния

$\eta^2 = 0,7$, или 70 %, достоверность — 14,09, превышает табличное значение F на всех уровнях вероятности), минимальное влияние — дигидрел (степень влияния 43 %, $F = 4,66$). Последний препарат на 21-е сутки, а также гидрел на 15-е не оказали влияния на всхожесть семян сосны (значение статистики F меньше табличного). Наибольший тормозящий эффект на всхожесть семян сосны на 21-е сутки проявил гидрел (степень влияния — 90 %).

Иное действие ретарданты оказали на прорастание семян ели. Так, наблюдаемое уменьшение энергии прорастания и всхожести семян ели при обработке гидрелом (табл. 4) оказалось статистически не достоверным (показатель F для 7-, 15- и 21-х суток соответственно равен 0,50; 0,81 и 2,47, что меньше табличного значения даже для вероятности 0,95, равного 3,88). Это же положение распространяется и на семена ели, обработанные кампозаном при учете на 7-е сутки и дигидрелом на 7-е и 15-е сутки. Сильную степень неблагоприятного влияния (69 и 83 %) на всхожесть семян этой породы показал кампозан на 15- и 21-е сутки (показатель достоверности F равен 13,75 и 30,90).

Таким образом, растворы этиленвыделяющих ретардантов высоких концентраций при длительном намачивании могут неблагоприятно повлиять на всхожесть семян сосны и ели. Кампозан, гидрел и дигидрел вызвали яркую оранжевую окраску семян.

При намачивании семян в течение 1 ч влияние ретардантов оказалось незначительным (табл. 3).

Таблица 3

Влияние регуляторов роста на всхожесть семян хвойных
(намачивание в течение 1 ч)

№ п/п	Препарат	Концентрация, % по д. в.	Всхожесть, % (среднее из 5 повторностей)			
			7-е сутки	15-е сутки	21-е сутки	в том числе с появлением семядолей
Сосна						
1	Кампозан	1	14,4	46,6	65,8	39,6
2	Кампозан М	1	16,8	53,0	62,2	36,2
3	Гидрел	0,4	14,4	51,0	59,2	38,2
4	Дигидрел	0,5	16,6	52,6	66,6	34,6
5	Глифосат*	1	15,0	47,0	64,6	31,0
	Контроль (вода)	—	22,6	42,3	66,2	28,4
Ель						
1	Кампозан	1	12,6	49,8	58,7	35,8
2	Кампозан М	1	9,4	42,8	50,6	33,6
3	Гидрел	0,4	15,2	46,6	56,1	32,0
4	Дигидрел	0,5	14,0	49,4	54,8	34,8
5	Глифосат*	1	12,0	47,8	51,2	28,6
	Контроль (вода)	—	19,2	43,0	59,0	34,2

* Арборицид.

Все регуляторы роста, включая арборицид глифосат, снизили энергию прорастания семян сосны и ели на 7-е сутки. Это замедление привело затем к усилению всхожести на 15-е сутки по сравнению с контролем. Под влиянием препаратов на 21-е сутки заметно возросло также количество проростков с раскрытыми зелеными семядолями.

На основании проведенных исследований можно сделать вывод, что кратковременное действие растворов этиленвыделяющих ретардантов относительно высокой концентрации на семена сосны и ели не снижают

их всхожести, хотя и может наблюдаться небольшая задержка в прорастании семян в первые дни. Улучшения посевных качеств семян с низкой всхожестью при этом не наблюдается.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Алексеев В. А. Эффективная группа регуляторов роста древесных растений// Лесн. журн.— 1984.— № 5.— С. 17—21.— (Изв. высш. учеб. заведений). [2]. Беляева Ю. Е. Содержание жизнеспособных семян древесных растений в почвах некоторых типов леса// Древесные растения в природе и культуре.— М.: Наука, 1983.— С. 84—86. [3]. ГОСТ 13056.6—75. Семена деревьев и кустарников. Правила отбора образцов и методы определения посевных качеств семян.— М.: Изд-во стандартов, 1979. [4]. Кондрашева Н. Ю., Яценко-Хмелевский А. А. Влияние некоторых стимуляторов на рост и дифференциацию проростков сосны обыкновенной и накопление эфирорастворимых веществ// Науч. докл. высш. шк. Сер. биол. наук.— 1977.— № 4.— С. 108—111. [5]. Лихолат Т. В. Регуляторы роста древесных растений.— М.: Лесн. пром-сть, 1983.— 240 с. [6]. Ткаченко М. Е. Общее лесоводство.— М.; Л.: Гослесбуиздат, 1955.— 599 с.

Поступила 27 октября 1986 г.

УДК 630*385.1

ВЛИЯНИЕ ЗОЛЬНОСТИ ТОРФА И ГЛУБИНЫ ПОЧВЕННО-ГРУНТОВЫХ ВОД НА РОСТ СОСНОВЫХ ДРЕВОСТОЕВ НА ОСУШЕННЫХ МЕЛКОЗАЛЕЖНЫХ ТОРФЯНИКАХ

В. В. ПАХУЧИЙ

Институт биологии Коми филиала АН СССР

Мелкие торфяники — распространенный объект осушения. Так, по данным В. К. Константинова [2], в Ленинградской области в 1955—1956 гг. на объектах лесосушительной мелиорации площади с мощностью торфа менее 1 м составили 71,5 %. Тем не менее лишь в единичных работах затронуто изучение лесоводственного эффекта осушения на таких объектах [7]. В данной статье предпринята попытка количественной оценки влияния зольности торфа и глубины почвенно-грунтовых вод на производительность хвойных с преобладанием сосны древостоев на мелкозалежных торфяниках, подстилаемых глиной и суглинком.

Исследования были выполнены на 45 пробных площадях в Лисинском учебно-опытном лесхозе Ленинградской области на объектах, осушенных в 40—90-х гг. При закладке пробных площадей использовали методические указания по учету эффективности осушения [6]. На всех пробных площадях измеряли глубину почвенно-грунтовых вод в мае — сентябре один раз в 7 дн. Продолжительность наблюдений на отдельных опытных участках 3—5 лет в период с 1976 г. по 1981 г. Зольность торфа определяли до глубины 40 см по слоям 0... 5, 5... 10, 10... 20, 20... 40 см и вычисляли средневзвешенную зольность для опытного участка. Глубину торфа измеряли металлическим зондом с точностью 1 см. При установлении повторности измерений на пробной площади учитывали варьирование глубины торфа. По нашим данным, коэффициент вариации глубины торфа на пробной площади зависит от средней мощности торфа ($r = -0,56 > r_{0,01} = 0,39$) и изменяется от 31 % на участках с мощностью торфа 0,2 м до 12 % при мощности торфа 0,7 м. В зависимости от средней глубины торфа на опытном участке для обеспечения точности 10 % на уровне значимости $\alpha = 0,05$ было сделано от 10 до 38 измерений.

На большей части опытных участков произрастают спелые хвойные древостой с преобладанием в составе сосны обыкновенной VII класса возраста. Здесь осушительные каналы размещены одиночно или в виде сетки из квадратов со стороной от 190 до 220 м. Спелые древостой сформировались в основном после осушения в 40-х гг. прошлого столетия. Средневозрастные древостой находятся в зоне действия одиночных каналов и сформировались на участках старого осушения после вырубki материнского древостоя, на них преобладает сосна III класса возраста. В настоящее время глубина осушителей составляет 0,4... 0,5 м, а проводящих каналов — 0,5... 0,7 м. Глубина торфа на опытных участках 0,2... 0,8 м, зольность торфа 4,8... 14,4 %, степень раз-

ложения торфа 20...50 %, средняя за период вегетации глубина почвенно-грунтовых вод 15...52 см.

Для оценки влияния зольности торфа и глубины почвенно-грунтовых вод на рост сосновых древостоев в данных условиях использовали метод двухфакторного дисперсионного анализа. Так как была установлена достоверная зависимость между классами бонитета древостоев и глубиной торфа на объектах исследования ($r = 0,66 \dots 0,86 > r_{0,01} = 0,52 \dots 0,56$), в дополнение к указанным влияющим факторам включили также глубину торфа на участке. В качестве резульативного показателя использовали класс бонитета сосновых древостоев, установленный по средней высоте и возрасту. Предварительная проверка исходных данных показала, что можно допустить образование и анализ двухфакторных дисперсионных комплексов для сочетаний факторов: глубина воды и зольность торфа, глубина воды и мощность торфа. Основные результаты дисперсионного двухфакторного анализа приведены в таблице.

Показатели силы влияния факторов и их сочетаний (%)
на класс бонитета древостоев

Возрастная группа древостоев	Факторы		Показатель силы влияния, %			Критерий достоверности					
	A	B	η_A^2	η_B^2	η_X^2	F_A	$F_{0,05}$	F_{B^1}	$F_{0,05}$	F_X	$F_{0,05}$
Спелые	I	II	0,2	35,2	38,0	0,1	4,4	5,4	3,5	2,3	2,7
	I	III	13,6	51,0	76,6	4,6	3,6	17,4	3,6	6,6	2,6
Средневозрастные	I	II	7,8	34,0	46,2	2,0	4,6	4,4	3,7	2,4	3,0
	I	III	0,8	61,9	72,7	0,4	4,6	15,9	3,7	7,4	3,0
Спелые и средне- возрастные	I	II	8,3	33,4	42,6	5,6	4,1	11,3	3,2	5,8	2,5
	I	III	1,2	51,4	56,9	1,1	4,1	23,2	3,2	10,3	2,5

Примечание. I — глубина почвенно-грунтовых вод, см; II — зольность торфа, %; III — глубина торфа, см; η_A^2 , F_X — соответственно показатель силы влияния и критерий достоверности сочетаний факторов A и B.

Установлено, что на уровне значимости $\alpha = 0,05$ изменение производительности сосновых древостоев на осушенных мелкозалежных торфяниках на 8...14 % объясняется варьированием глубины почвенно-грунтовых вод, на 33...35 % — изменением зольности торфа, на 51...62 % — варьированием глубины торфа. Таким образом, на объектах осушения с небольшой мощностью торфяного слоя глубина торфа является важной характеристикой торфяной залежи, наряду с зольностью торфа и другими показателями. Изменением глубины торфа в подобных условиях объясняется большая часть варьирования резульативного признака — класса бонитета древостоя.

Общим влиянием зольности торфа и глубины почвенно-грунтовых вод обусловлено 38...43 % варьирования класса бонитета. Общим влиянием мощности торфа и глубины почвенно-грунтовых вод достоверно объясняется 57...77 % варьирования класса бонитета сосновых древостоев. Это подтверждает целесообразность использования показателя (h), вычисляемого как разность между мощностью торфа и глубиной почвенно-грунтовых вод. Между данным показателем и классами бонитета древостоев установлена тесная связь ($r = 0,65 \dots 0,85 > r_{0,01} = 0,51 \dots 0,56$). Высокая степень влияния сочетания факторов — глубина воды и мощность торфа — показывает, что значение глубины почвенно-грунтовых вод как самостоятельной характеристики без учета глубины торфа на мелкозалежных торфяниках ограничено. Это обусловлено влиянием на рост древостоев физико-химических свойств подстилающего торфяного грунта [4, 5], степень влияния которого может быть косвенно выражена глубиной торфа на участке. Производительность древостоев достоверно повышается во всех случаях с уменьшением мощности торфа ($r = 0,66 \dots 0,86 > r_{0,05} = 0,44$) и с увеличением его зольности ($r = 0,51 \dots 0,52 > r_{0,05} = 0,44$). По нашим данным, зольность

торфа достоверно увеличивается с уменьшением мощности торфа на участке. Видимо, это объясняется включением в торф минеральных частиц из подстиляющего грунта, что ведет к увеличению доли «биологически инертной части золь» [1]. Последнее снижает значение зольности торфа как самостоятельного показателя для прогноза лесоводственной эффективности осушения на участках с небольшой мощностью торфяной залежи.

Снижение производительности древостоев с уменьшением глубины почвенно-грунтовых вод наблюдается в группе средневозрастных древостоев. Здесь в силу слабой интенсивности осушения уровни воды большую часть времени залегают значительно выше контакта торф — минеральный грунт, поэтому влияние подстиляющего грунта на рост древостоев ослаблено. Однако связь между классами бонитета и глубиной воды носит качественный характер, недостоверна ($r = -0,28 < r_{0,05} = 0,44$). В группе спелых древостоев между данными показателями наблюдается даже обратная направленность связи ($r = +0,11$). Это указывает на необходимость разделения участков по мощности торфа при оценке влияния глубины воды на рост леса на участках мелкозалежных торфяников. Для оценки влияния глубины почвенно-грунтовых вод на производительность древостоев с учетом мощности торфа использовали комплексный показатель (h), вычисленный как разность между мощностью торфа и средней за период вегетации глубиной почвенно-грунтовых вод на пробной площади. Связь между показателем (h) и классами бонитета древостоев (Y) для всей совокупности опытных участков может быть выражена уравнением

$$Y = 0,039h + 1,270.$$

Из уравнения следует, что для обеспечения роста леса по одному и тому же классу бонитета на участках с большей мощностью торфа требуется большее понижение уровней почвенно-грунтовых вод. К возрасту спелости на участках, где после осадки мощность торфа составляет 0,2...0,6 м, а обеспеченность каналами одинакова, бонитет древостоев изменяется от I до III класса, а наличный запас древесины — от 620 до 170 м³/га соответственно. Это, с одной стороны, затрудняет организацию и ведение лесного хозяйства на таких объектах, а с другой, показывает, что на участках с большей мощностью торфа потенциальное плодородие почвы, видимо, полностью не использовано. По нашим данным, здесь средняя за период вегетации влажность почвы на глубине 10 см и глубже составляла 89...93 % от полной влагоемкости, т. е. была значительно больше верхнего предела оптимальной влажности (80% от полной влагоемкости [3]). Очевидно, на участках с большей мощностью торфа следовало закладывать более густую сеть осушительных каналов, что обеспечило бы более благоприятный водно-воздушный режим в верхних слоях почвы.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Вомперский С. Э., Сабо Е. Д., Формин А. С. Лесоосушительная мелиорация.— М.: Лесн. пром-сть, 1975.— 296 с. [2]. Константинов В. К. Эксплуатация лесоосушительных систем.— М.: Лесн. пром-сть, 1979.— 152 с. [3]. Костяков А. Н. Основы мелиорации.— М.: Сельхозгиз, 1962.— 622 с. [4]. Писарьков Х. А., Тимофеев А. Ф., Бабиков Б. В. Гидротехнические мелиорации лесных земель.— М.: Лесн. пром-сть, 1978.— 248 с. [5]. Пьявченко Н. И., Сабо Е. Д. Основы гидроресомелиорации.— М.: Гослесбумиздат, 1962.— 318 с. [6]. Рубцов В. Г., Книзе А. А. Закладка и обработка пробных площадей в осушенных насаждениях.— Л.: ЛенНИИЛХ, 1977.— 19 с. [7]. Тимофеев А. И. Исследования влияния осушительной сети на водный режим и рост основных древостоев на мелких торфяниках: Автореферат дис. . . канд. с.-х. наук.— Л., 1979.— 20 с.

УДК 630*181.8

ФЕНОЛОГИЧЕСКИЕ ФАЗЫ РАЗВИТИЯ И ПЕРИОДИЧНОСТЬ РОСТА В ВЫСОТУ ДРЕВЕСНЫХ ПОРОД

В. И. БИРЮКОВ

Брянский технологический институт

Установление фенологических фаз развития древесно-кустарниковых пород имеет большое значение в лесном хозяйстве при определении сроков выращивания посадочного материала, посадки и посева леса, ухода за лесными культурами и т. д. Совершенно необходимо оно для правильного проектирования озеленительных работ, которые в нашей стране проводятся в широких масштабах [1, с. 39—44].

При разработке обоснованных лесохозяйственных мероприятий немаловажное значение имеет и изучение закономерностей динамики прироста в высоту в течение вегетационного периода, особенно у молодых растений [4].

А. В. Тюрин [3] считал, что для проведения весенних лесокультурных работ наиболее благоприятно время от зацветания лещины или ольхи черной до набухания почек культивируемой породы.

В течение двух лет мы проводили исследования в лесах совхоза «Россия» Клетнянского района Брянской области. Фенологические наблюдения вели ежедневно в 40—50-летних насаждениях в квартале 13, периодичность роста в высоту изучали через каждые 5 сут в 6-летних молодняках семенного, за исключением ольхи черной, происхождения в квартале 6. Тип условий местопроизрастания на опытных участках переходный от В₂ к С₂₋₃. Результаты исследований помещены в табл. 1 и 2.

Данные о сроках начала и окончания основных фенологических фаз у изученных пород (табл. 1) близки или совпадают с данными В. Г. Казанского [2], полученными в Учебно-опытном лесничестве Брянского технологического института в течение примерно 40 лет.

Таблица 1

Фенологические фазы развития древесно-кустарниковых пород

Порода	Развитие почек		Развитие листьев						Цветение	
	Набухание	Разверзание	Начало облиствения	Всеобщее облиствление	Начало окраски	Всеобщая окраска	Опадение		Начало	Конец
							Начало	Конец		
С	29.IV	12.V	1.VI	14.IV	25.VIII	10.IX	1.IX	1.X	25.V	4.VI
Е	2.V	13.V	21.V	26.V	—	—	—	—	15.V	27.V
Д	28.IV	7.V	13.V	19.V	3.IX	23.IX	25.IX	18.X	14.V	25.V
Б	9.IV	18.IV	26.IV	6.V	20.VII	20.IX	28.VIII	13.X	1.V	13.V
Ос	20.IV	5.V	10.V	13.V	22.VIII	1.X	10.IX	12.X	17.IV	29.IV
Ол. ч	8.IV	16.IV	23.IV	2.V	10.IX	10.X	21.IX	19.X	8.IV	19.IV
Лещ	27.III	30.IV	3.V	13.V	20.VIII	19.IX	9.IX	12.X	3.IV	17.IV

Данные табл. 2 показывают, что начало и энергия роста в высоту в первый период после разверзания верхушечных почек у различных пород различны. Раньше трогаются в рост ольха, осина, береза. Рано начинает расти в высоту и сосна обыкновенная как морозостойчивая порода. Более требовательная в молодом возрасте к теплу ель начинает расти в высоту позже всех изученных пород. Раньше всех, с 12 по 22 мая, максимального прироста в высоту достигают дуб и осина.

Таблица 2

Прирост в высоту основных древесных лесобразующих пород Брянского лесного массива за 5-дневные периоды

Месяц наблюдений	Дата обследования	Температура воздуха, °С		Сумма осадков, мм		Текущий прирост в высоту, см												
		1981		1982		Сосна		Ель		Дуб		Береза		Осина		Ольха		
		1981	1982	1981	1982	1981	1982	1981	1982	1981	1982	1981	1982	1981	1982	1981	1982	
Апрель	17	4,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,16
	22	2,0	—	—	—	0,98	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,04
	27	1,7	5,6	8,1	25,0	0,02	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,16
Май	2	6,0	10,3	6,4	8,5	0,19	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,28
	7	8,9	10,1	22,3	0,5	1,03	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,36
	12	17,6	14,0	1,3	3,6	4,48	0,74	0,82	1,46	0,72	1,46	0,30	0,36	1,44	1,22	2,27	0,65	
	17	10,7	8,8	0	2,5	1,55	—	0,05	3,15	3,05	3,15	0,54	0,75	1,72	1,90	0,65	1,16	
	22	14,0	11,3	14,6	0	4,04	0,15	0,10	4,54	5,57	4,54	0,48	0,75	1,71	3,21	1,59	1,71	
	27	16,6	14,1	18,6	6,1	5,68	0,47	0,23	1,16	1,85	1,85	1,26	3,23	2,55	2,65	2,38	4,71	
Июнь	1	18,2	16,8	0	0,5	7,62	1,38	1,05	0,31	0,23	2,10	2,74	2,10	2,26	2,26	4,67	4,83	
	6	17,8	18,6	9,3	2,2	6,68	4,00	1,53	—	—	2,68	2,65	1,04	1,35	5,86	5,18		
	11	21,2	9,1	9,4	9,1	5,07	4,68	1,49	—	—	2,74	2,09	0,32	0,52	5,59	0,92		
	16	14,3	14,5	3,0	20,5	2,60	4,72	1,09	—	—	2,65	1,60	0,26	0,30	5,11	0,39		
	21	17,6	12,4	21,8	2,4	2,59	4,82	2,73	—	—	2,60	2,44	0,21	0,28	5,62	1,14		
	26	24,4	14,6	29,0	43,4	0,83	7,42	4,02	—	—	3,21	2,86	0,04	0,12	7,50	1,43		
Июль	1	22,2	17,0	14,7	0,4	1,53	5,61	3,80	0,65	0,36	3,99	0,91	0,54	3,72	1,94			
	6	18,3	15,6	0	11,7	0,08	1,84	2,14	2,84	0,84	2,81	2,98	0,78	0,65	5,99	2,90		
	11	18,9	17,1	36,2	16,4	0,01	1,22	1,53	2,11	1,29	1,42	2,00	0,80	0,84	4,80	3,61		
	16	19,7	21,3	2,6	21,6	—	0,49	1,12	1,22	1,31	1,09	2,71	2,47	1,28	3,64	4,23		
	21	21,8	18,7	0	27,7	—	0,11	0,68	0,92	0,95	2,25	3,01	5,13	1,26	1,32	6,24		
	26	20,8	16,7	0,9	9,8	—	0,06	0,24	0,34	0,42	1,40	2,04	3,22	1,04	2,68	5,83		
Август	31	23,6	15,0	2,3	22,5	—	0,03	0,03	—	—	1,37	1,85	3,36	0,88	2,82	4,47		
	5	17,6	17,8	39,4	5,9	—	0,03	0,01	—	—	0,95	1,17	1,21	0,63	1,85	3,50		
	10	19,3	17,8	7,5	3,3	—	—	—	—	—	0,39	0,86	0,81	0,55	0,86	1,84		
	15	15,6	16,4	32,9	39,7	—	—	—	—	—	0,42	0,64	0,61	0,50	0,15	0,40		
	20	17,8	16,3	9,9	7,1	—	—	—	—	—	0,21	0,53	0,06	—	—	—	0,11	
	25	17,1	14,6	2,5	18,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Сентябрь	30	12,0	16,7	1,0	46,9	—	—	—	—	—	0,07	0,09	—	—	—	—	—	
	4	13,1	14,8	11,4	4,9	—	—	—	—	—	0,02	0,03	—	—	—	—	—	
	9	13,3	16,1	0	2,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	14	12,0	10,8	2,6	2,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Среднее за период наблюдений		15,4	14,5	314,5	365,4	41,41	42,79	37,78	22,68	21,75	21,70	35,54	44,26	31,60	68,57	68,57	59,19	

Примечания. 1. Климатические сведения взяты по данным Жуковской метеостанции в среднем за 5 сут. 2. Среднесуточная температура воздуха и сумма осадков на период наблюдений в 1982 г. приведены без учета в первые две пятидневки.

К этому моменту с начала роста он у дуба составляет 49,3 % (1981 г.) и 66,2 % (1982 г.) годовичного прироста. Затем прирост в высоту резко падает и к 1 июня прекращается. С 21 июня рост дуба в высоту возобновляется и заканчивается 26 июля. Период роста дуба в

высоту составляет около 70 дн. У осины с 22 мая прирост в высоту постепенно снижается и к 20 августа прекращается. Продолжительность периода роста ее в высоту составляет около 130 дн.

Максимальный прирост в высоту у сосны наблюдается с 22 мая по 6 июня. Как быстрорастущая порода сосна обыкновенная раньше других заканчивает рост в высоту — 11 июля. Период роста сосны в высоту составляет около 90 дн.

У ели наиболее энергичный рост в высоту происходит с 21 июня по 1 июля. Температура воздуха в период активного роста ели в 1982 г. была значительно ниже, чем в 1981 г., что снизило прирост в высоту этой более теплолюбивой породы. Рост в высоту прекращается 5 августа. Период роста составляет около 95 дн.

Самый длительный период роста в высоту у березы — около 155 дн. Наибольший прирост наблюдается с 26 июня по 6 июля.

У ольхи черной не прослеживается четкой закономерности роста в высоту. Она более чутко реагирует на тепловой и водный режим почвы. Ее прирост постепенно увеличивается до 6 июня, затем снижается до 16 июня и снова возрастает, достигая максимума с 6 по 26 июля. Период роста в высоту составляет около 130 дн.

Результаты исследований показывают, что самая быстрорастущая порода в молодом возрасте — ольха черная, что свидетельствует о ее вегетативном происхождении. Далее идут осина, сосна, береза. Самым медленно растущим оказался дуб черешчатый.

Между температурой воздуха и осадками, с одной стороны, и приростом в высоту, с другой, у всех пород не наблюдается тесной связи. Это дает нам основание сказать, что периодичность роста в высоту основных лесобразующих пород Брянского лесного массива есть отражение биологической кривой малого периода роста.

Полученные сведения о фенологических фазах развития (табл. 1) и периодичности роста в высоту (табл. 2) основных лесобразующих пород Брянского лесного массива могут быть положены в основу при установлении сроков лесокультурных мероприятий. Так, можно рекомендовать: начало создания культур сосны, дуба и ели 3...8 апреля; продолжительность весенних лесокультурных работ для сосны — до 29 апреля, для дуба — до 28 апреля, для ели — до 2 мая; оптимальный период проведения агротехнических и лесохозяйственных уходов за лесными культурами — май — июль.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Гроздов Б. В. Дендрология.— М.; Л.: Гослесбуиздат, 1960.— 356 с. [2]. Казанский В. Г. Характеристика Брянского лесного массива в фенологическом отношении // Тр. Бр. лесн. ин-та.— 1940.— Т. 1—2.— С. 11—15. [3]. Тюрин А. В. Фенологические наблюдения в лесах СССР и их лесохозяйственное использование // Лесн. хоз-во.— 1950.— № 6.— С. 13—20. [4]. Харитонович Ф. Н. Закономерность роста сосны обыкновенной // Лесн. хоз-во.— 1961.— № 11.— С. 18—22.

Поступила 19 августа 1985 г.

УДК 630*232

ОЦЕНКА ОПЫТА СОЗДАНИЯ ЛЕСНОЙ РОЩИ

С. С. ВЕРЕТЕННИКОВ, Н. В. КУПРИЯНОВ

Горьковский государственный университет

В лесостепной части Горьковской области близ г. Лукоянова находится уникальный лесной массив — роща Магницкого. Рукотворная роща площадью около 800 га создана в 1953—1958 гг. под руководст-

вом лесничего А. Ф. Магницкого на землях, бывших под сельскохозяйственным использованием. Почвы — серые лесные суглинки, условия местопроизрастания — свежая дубрава. На небольших участках по берегам балок сохранились естественные ясеневоллиповые и кленоволиповые дубняки с подлеском из лещины и снытью обыкновенной и осокой волосистой в травостое. Культуры созданы различными способами из дуба, акации желтой (караганника), лиственницы сибирской, вяза шершавого (ильма горного), ясеня, ели, березы и других пород. В табл. 1 приведены данные для наиболее характерных участков. Семенной материал местный, кроме лиственницы, семена которой получены из Красноярского края. Хвойные породы высаживали двухлетними сеянцами, а лиственные — однолетними. Дуб вводили посевом по 1...3 желудя в лунку. Акацию желтую везде высевали семенами.

Таблица 1

Первоначальная схема и способ создания культур

Номер пробной площади	Первоначальная схема и способ создания культур	Первоначальная густота культур, тыс. шт. на 1 га
2	Дуб посевом по 2—3 желудя в лунку, Л и Яс — посадкой в плужные борозды через 1 м, в рядах 1,0...1,2 м. Схема смещения рядов: Яс—Д—Л—Д—Д—Д—Д—Д—Яс—Д—Л—Яс—Д	Д—6,3 Яс—2,1 Л—1,6
4	Посадка лиственницы в плужные борозды по схеме: Ак. ж—Л. Расстояние между рядами и в рядах 1 м	Л—5,0 Ак. ж—5,0
16	Посев Д и Ак. ж в плужные борозды рядами 1×1 м. Лиственница посадкой рядами. Ак. ж чередуется через 1 м в рядах с дубом	Д—5,0 Л—2,5 Ак. ж—2,5
7	Посев Д, Ак. ж, посадка Б, Кл. о, рядами по схеме: Д—Д—Д—Д—Ак. ж—Б—Кл. о—Ак. ж. Местами ряд Д заменен Кл. о. Размещение в рядах Д, Кл. о, Ак. ж—1 м; в рядах Б—1...1,5 м, между рядами 1 м; между рядами Д и Ак. ж—2 м	Д—5,7 Кл. о—1,0 Б—0,7 Ак. ж—2,0
12	Посев Д в лунки по 1—2 желудя, Е, Лп — посадкой. Размещение 1×1 м. Смещение рядов по схеме: Д—Д—Д—Д—Д—Д—Лп—Е—Е—Е—Лп	Д—5,5 Е—2,5 Лп—2,0
10	Посадка В3, посев Д, Ак. ж рядами в плужные борозды через 1,0...1,1 м, в рядах 0,7...1,0 м по схеме: Ак. ж—В3—В3—В3—В3—Ак. ж—Д—Д—Д—Д. Местами дуб заменен сосной, естественным путем подселилась береза	Д—4,5 В3—4,5 Ак. ж—2,0
11	Посев Д в площадки размером 1×1 м по 5 желудей «конвертом» — по одному желудю в лунку. Площадки рядами 3×5 м, между площадками в рядах посадка Кл. о по одному саженцу. Между рядами Д и Кл. о 3 ряда Ак. ж. Площадок 670 шт. на 1 га	Д—3,4 Кл. о—0,7 Ак. ж—7,2
8	Посев дуба в плужные борозды рядами через 1,5...2,0 м, в рядах 0,5...1,0 м	Д—7,7

Полевые исследования проводили в 1970 г. (при участии В. И. Волкорезова и В. В. Шишова). Было обследовано 20 участков лесных культур по общепринятой в лесной геоботанике методике. Те же участки в 1983 г. были обследованы повторно. Некоторые результаты первоначальных наблюдений опубликованы ранее [2, 5, 8]. В табл. 2 дана таксационная характеристика культур по результатам обследования 1970 и 1983 гг.

Безусловно, создание большого массива лесных культур интересно не только с точки зрения лесокультурной практики, но и позволяет глубже понять такие процессы, как взаимоотношения видов в растительном сообществе, формирование фитоценозов во времени.

Наибольшую площадь в массиве занимают смешанные культуры дуба с лиственницей.

Лиственница сибирская — новая перспективная порода для лесных культур правобережной части Горьковской области [4]. Нами обследовано семь участков смешанных культур с лиственницей. Общее число посевных и посадочных мест в культурах около 10 тыс. шт. на 1 га, первоначальная густота дуба 45...60%, лиственницы — 10...15%. Сохранность дуба до 15—16 лет была выше, чем у лиственницы, но по интенсивности роста дуб ей значительно уступал (табл. 2). Лиственница занимает доминирующее положение в фитоценозах. Ее средняя высота от 14 до 17 м, дуба — 8,7...11 м; средний класс роста лиственницы колеблется в пределах 1,3...2,5, дуба в этих же насаждениях — 2,5...3,8 (табл. 2). Ряды вяза, ясеня и акации желтой в первое время сдерживали влияние лиственницы на дуб, но к 28—29-летнему возрасту их буферное значение перестало играть заметную роль. Так, на некоторых пробных площадях ясеня совершенно выпал из состава насаждений, а сохранившиеся экземпляры в других культурах имели среднюю высоту не более 5 м, средний класс роста 4,6...4,9. Сухостоя лиственницы в культурах практически нет, число стволов этой породы в течение тринадцати лет остается стабильным. Эдифицирующее влияние лиственницы в насаждениях возрастает. Принимая во внимание значительное светолюбие дуба, можно утверждать, что интенсивный отпад его будет продолжаться, тем более, что в этих насаждениях отмечается сильная конкуренция корневых систем дуба и лиственницы [7]. В несколько лучшем положении в смешанных культурах с лиственницей находятся вяз, липа и клен остролистный.

Лиственница в монодоминантных сообществах отличается худшим ростом и развитием. В качестве примера можно привести культуру лиственницы с акацией желтой (пробная площадь 4). Из-за высокой сомкнутости уже в стадии «чащи» это насаждение подверглось массовому нападению вредителей [5], тогда как соседние участки культуры, состоящие из многовидовых сообществ, остались практически нетронутыми. В дальнейшем, в результате самоизреживания и рубок ухода полнота этого насаждения снизилась с 0,86 в 1970 г. до 0,76 в 1983 г., однако таксационные показатели лиственницы здесь в целом ниже, чем в смешанных культурах. Повреждение лиственницы большим лиственничным пилильщиком на этом участке прекратилось в 1973 г.

Еще большей интенсивностью роста как в культурах, так и во многих насаждениях, где она появляется естественным путем, отличается береза повислая (пробные площади 7, 10). На одном из участков, в чистой культуре, где береза была посажена из расчета 10 тыс. шт. на 1 га, в возрасте 25 лет ее средняя высота составила 18,2 м, а запас древесины — 232 м³ на 1 га.

В смешанных культурах дуба с елью последняя во всех случаях значительно перерастает дуб (пробная площадь 12). Сохранность ели в 2...3 раза, а запас древесины в 2...4 раза выше, чем у дуба, хотя по числу стволов ель в 1,5...2 раза уступает дубу. Биологически устойчива в смешанных насаждениях липа, не обгоняющая по высоте дуб и положительно влияющая на его развитие.

Хорошо развивалось в первые годы насаждение из дуба, вяза и акации желтой (пробная площадь 10). Однако естественное подселение березы и отсутствие своевременного ухода явились причиной гибели дуба.

В культурах с кленом остролистным и акацией желтой дуб имеет лучшие таксационные показатели (пробная площадь 11). Клен, а на первых этапах и акация, служат надежным подгоном для дуба, свыше 40% деревьев которого относятся к 1-му и 2-му классам роста. В сооб-

Таблица 2

Таксационная характеристика древостоев

Номер пробной площади	Состав		Возраст, лет	Сохранность, %	Средние		Число здоровых стволов, тыс. шт. на 1 га	Сумма площадей сечений, м ² на 1 га	Запас, м ³ на 1 га	Средний класс роста
	по числу стволов	по запасу			высота, м	диаметр, см				
1970 г.										
2	7Д	2Д	15	57	3,3	3,7	3,7	3,6	13	3,4
	1Л	8Л	15	33	7,9	14,0	0,5	8,0	50	1,5
	2Яс	+Яс	15	38	2,5	2,0	0,8	0,2	1	3,9
4	10Л	10Л	16	45	9,3	8,0	4,5	23,1	125	3,1
16	9Д	7Д	15	90	3,7	3,5	4,5	5,4	19	2,6
	1Л	3Л	15	20	7,0	10,8	0,5	2,3	10	1,2
7	6Д	1Д	16	34	4,5	3,0	2,3	1,9	7	3,9
	2Б	9Б	16	69	14,7	14,0	0,5	8,0	60	2,7
	2Кл. о	+Кл. о	16	80	4,5	2,7	0,8	0,6	2	3,7
12	7Д	5Д	15	80	3,6	3,3	6,1	5,0	18	2,7
	2Е	4Е	15	57	4,8	5,2	1,4	3,4	13	2,1
	1Лп	1Лп	15	49	3,0	2,5	1,0	0,6	2	3,1
10	2Д	2Д	16	41	4,3	3,0	1,6	1,4	5	3,8
	7Вз	5Вз	16	82	5,0	3,7	4,1	4,1	15	2,5
	1Б	3Б	14	—	6,0	6,1	0,9	2,5	10	2,4
11	9Д	7Д	17	83	6,0	5,0	2,8	5,5	22	2,9
	1Кл. о	3Кл. о	17	70	7,3	6,5	0,5	1,6	8	2,8
8	10Д	10Д	15	70	3,0	2,9	5,4	2,1	11	2,4
1983 г.										
2	6Д	2Д	28	20	10,1	7,0	1,2	4,7	32	3,4
	2Л	7Л	28	31	16,3	19,0	0,5	24,2	120	2,1
	2Яс	ед. Яс	28	24	5,0	4,5	0,5	0,8	2	4,6
4	+Б	1Б	25	—	16,0	17,5	0,1	3,0	20	1,6
	10Л	10Л	29	21	14,8	12,0	2,1	23,8	210	2,7
16	8Д	4Д	28	44	9,5	6,0	2,2	6,1	53	3,4
	2Л	6Л	28	20	17,0	15,1	0,5	10,5	90	1,6
7	2Д	ед. Д	29	4	7,0	6,0	0,2	0,5	2	3,8
	5Кл. о	ед. Кл. о	29	70	7,5	4,5	0,7	1,3	1	4,6
	3Б	10Б	29	57	23,7	22,5	0,4	15,8	168	1,4
12	3Д	2Д	28	14	10,0	7,0	0,8	2,9	20	3,1
	3Лп	1Лп	28	40	8,7	4,5	0,8	1,6	14	4,3
	4Е	7Е	28	48	13,2	11,0	1,2	11,7	79	2,2
10	1Д	1Д	29	4	10,0	7,0	0,2	0,9	6	3,4
	7Вз	2Вз	29	27	10,1	7,0	1,2	4,9	32	3,4
	2Б	7Б	27	—	19,5	18,5	0,4	10,4	91	2,3
11	9Д	9Д	30	50	13,2	10,5	1,7	14,0	82	2,6
	1Кл. о	1 Кл. о	30	43	10,0	7,5	0,3	1,4	6	4,3
8	10Д	10Д	28	43	8,5	6,5	3,3	10,2	61	3,7

шестве отмечается обильное естественное возобновление клена — 60 тыс. экз. на 1 га, в будущем клен образует устойчивый второй подъярус древостоя. Многие авторы указывают на отрицательное воздействие подлеска из желтой акации на рост дуба ([1, 3] и др.). Нами обследовано 10 участков разных культур дуба с акацией. Она высевалась между рядами деревьев, первоначальная густота ее варьирует, чаще в пределах 2...5 тыс., иногда до 7,2 тыс. кустов на 1 га. Сохранность

акация высокая — 60...90 % в 15—16-летнем возрасте. Она образует хорошо развитый подлесок, положительно влияющий на экологическую обстановку в фитоценозе, затеняя почву и препятствуя разрастанию трав. Этот кустарник обильно возобновляется семенным и вегетативным путем. В 30-летних культурах преобладают невысокие (1,0...1,5 м) экземпляры второй-третьей генерации. По мере смыкания древесного полога акация постепенно выпадает из подлеска, уступая место естественным спутникам дуба.

Подводя итог, отметим, что в смешанных культурах дуба с лиственницей, березой и елью наблюдается отрицательное воздействие этих пород на дуб. Введение между дубом и этими породами буферных рядов из сопутствующих деревьев и кустарников может служить лишь временной мерой, ограничивающей угнетение дуба. Поэтому создание таких культур нерационально. В то же время на свежих суглинистых серых лесных почвах возможно создание устойчивых, высокопродуктивных культур лиственницы. В качестве пород второго яруса в таких насаждениях можно рекомендовать липу, клен остролистный, ильм.

Лучшими спутниками дуба в смешанных культурах данного района являются клен остролистный, липа и акация желтая. Общая первоначальная густота должна быть 8...10 тыс. посадочных или посевных мест на 1 га, из них 40 % должно приходиться на долю дуба.

В целом опыт создания лесной рощи оказался успешным. Дальнейшая задача лесоводов — бережно сохранять ее.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Ахромейко А. И. Физиологическое обоснование создания устойчивых лесных насаждений.— М.: Лесн. пром-сть, 1965.— 312 с. [2]. Веретенников С. С. К вопросу о влиянии акации желтой на рост дуба в культурах // Наземные и водные экосистемы.— Горький: Горьк. ун-т, 1978.— С. 93—96. [3]. Колданов В. Я., Травень Ф. И. Чему учит опыт создания дубрав промышленного значения // Лесн. хоз-во.— 1970.— № 7.— С. 27—31. [4]. Куприянов Н. В. Опыт выращивания лиственницы в культуре в Горьковской области // Лесн. журн.— 1969.— № 1.— С. 39—43.— (Изв. высш. учеб. заведений). [5]. Куприянов Н. В., Веретенников С. С. Материалы к изучению культур дуба с лиственницей // Биологические основы повышения продуктивности и охраны лесных, луговых и водных фитоценозов.— Горький: Горьк. ун-т, 1975.— Вып. 4.— С. 31—36. [6]. Куприянов Н. В., Волкорезов В. И. О массовом повреждении лиственницы лиственничным пилильщиком // Биологические основы повышения продуктивности лесных и луговых фитоценозов Горьковской области.— Горький: Горьк. ун-т, 1973.— С. 105—107. [7]. Некоторые особенности корневых систем древесных пород в смешанных культурах на серых лесных почвах/ К. К. Полуяхтов, Н. В. Куприянов, В. И. Волкорезов, В. В. Шишов // Лесн. журн.— 1974.— № 4.— С. 36—40.— (Изв. высш. учеб. заведений). [8]. Опыт выращивания дуба в Лукояновском лесничестве/ Н. В. Куприянов, В. И. Волкорезов, С. С. Веретенников, В. В. Шишов // Ботанико-лесоводственные исследования.— Горький: Волго-Вятское кн. изд-во, 1972.— С. 56—63.

Поступила 5 февраля 1985 г.

УДК 631.331

К ОБОСНОВАНИЮ НЕКОТОРЫХ ПАРАМЕТРОВ ПОРЦИОННОГО ВЫСЕВАЮЩЕГО АППАРАТА БАРАБАННОГО ТИПА

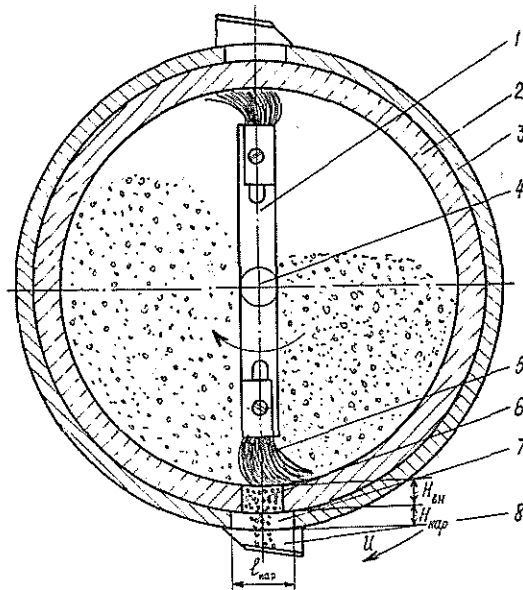
Ф. В. ПОШАРНИКОВ, В. П. ИВАНОВСКИЙ

Воронежский лесотехнический институт

Качество работы высевальных аппаратов порционного высева на лесокультурных объектах во многом определяет приживаемость и сохранность лесных семян. В Воронежском лесотехническом институте

Рис. 1. Схема высевающего аппарата барабанного типа, порционного действия [1].

1 — лучи выталкивателя; 2 — внутренний неподвижный барабан; 3 — наружный подвижный барабан; 4 — приводной вал; 5 — щеточный питатель-выталкиватель; 6 — отверстие высева неподвижного барабана; 7 — отверстие высева подвижного барабана; 8 — семянаправитель.



создана конструкция порционного высевающего аппарата барабанного типа с улучшенной дозировкой семян хвойных пород [1]. Высевающий аппарат состоит из двух сопряженных барабанов 2 и 3, имеющих отверстия высева 6 и 7, и приводного вала 4 с щеточными питателями-выталкивателями 5. Норма высева регулируется перекрытием отверстия высева 6 барабана 2. В момент совпадения отверстий высева 6 и 7 барабанов волоски питателя-выталкивателя 5 активно воздействуют на семена, находящиеся в ячейке 6 и, отсекая «лишние», выбрасывают порцию семян в семянаправитель 8.

Качество работы аппарата в основном зависит от правильности выбора размеров высевных ячеек 6 и 7 сопряженных барабанов 2 и 3. Длину и высоту ячейки высева 6 внутреннего барабана (см. рис. 1) можно определить исходя из условия обеспечения бесперебойного истечения семян из ячейки. По данным исследований Г. А. Ларюхина, площадь сечения S наименьшего отверстия, через которое происходит бесперебойное высыпание семян сосны, равна 1 см^2 [2]. При этом у отверстий круглой формы лучший секундный расход и скорость высыпания. Минимальный размер высевного отверстия определяется по формуле

$$l_{\text{вн min}} = \sqrt{\frac{4S}{\pi}}. \quad (1)$$

Подставляя в формулу (1) значение $S = 1 \text{ см}^2$ (для семян сосны обыкновенной), получим, что $l_{\text{вн}}$ должен быть не менее 1,13 см. Высоту высевной ячейки внутреннего барабана можно найти, определив ее объем, который в соответствии с требуемым количеством семян в одной порции вычисляется по формуле:

$$V_{\text{п}} = n_{\text{с}} V_{\text{с}} \mu, \quad (2)$$

где $n_{\text{с}}$ — максимальное число семян в одной порции;

$V_{\text{с}}$ — средний объем одного семени;

μ — коэффициент наполнения, равный 1,2...1,4 [4].

Для определения среднего объема одного семени сосны в отобранной партии: длина эндоскопа средние размеры семени сосны в отобранной партии: длина

$l = 4$ мм, толщина $b = 3$ мм и высота $h = 2,5$ мм. Считая объем семени сосны равным объему симметричного эллипсоида с такими же параметрами, по формуле

$$V_c = \frac{4}{3} lbh \quad (3)$$

вычислили средний объем семени $V_c = 5$ мм³ (для данной партии семян сосны обыкновенной).

Высота ячейки высева внутреннего барабана (для круглого отверстия)

$$H_{\text{вн}} = \frac{4V_{\text{я}}}{\pi l_{\text{вн}}^2} \approx 1,27 \frac{V_{\text{я}}}{l_{\text{вн}}^2}, \quad (4)$$

где $H_{\text{вн}}$ — высота ячейки высева барабана 2;

$l_{\text{вн}}$ — размер (в данном случае диаметр) высевной ячейки.

При максимальном числе семян в одной порции 60 шт. [5] и среднем объеме одного семени 5 мм³ высота ячейки по формулам (2) и (4) получается равной 3,5 мм. На рис. 2 приведена схема выпадения семени из ячейки высева b внутреннего барабана. Криволинейная поверхность соприкосновения барабанов, ввиду небольшой длины, на виде сбоку показана прямой линией. Длину ячейки высева наружного барабана $l_{\text{нар}}$ находим из условия неповреждения семени в момент совпадения отверстий b и 7 барабанов. Рассмотрим наиболее «опасный» случай, когда одно из семян порции находится в верхней левой (по ходу вращения наружного барабана) точке ячейки высева внутреннего барабана. Для того чтобы семян не повреждалось в момент совпадения отверстий высева подвижного и неподвижного барабанов, оно, находясь в верхней левой точке ячейки высева b внутреннего барабана, должно успеть опуститься из ячейки b на величину, равную своей толщине (рис. 2), т. е. проделать путь $H_{\text{вн}}$.

Тогда условие выпадения семени из ячейки внутреннего барабана без повреждений запишется в виде

$$l_{\text{нар}} > Ut, \quad (5)$$

где $l_{\text{нар}}$ — длина ячейки наружного подвижного барабана;

U — окружная скорость вращения наружного барабана.

Время опускания семени на величину $H_{\text{вн}}$

$$t = \frac{H_{\text{вн}}}{v_c}, \quad (6)$$

где v_c — скорость выпадения семени под действием силы тяжести, силы давления щеточного выталкивателя и силы трения о стенку ячейки высева внутреннего барабана в момент опускания семени.

Для нахождения скорости выпадения семени v_c из ячейки внутреннего барабана применяем теорему об изменении кинетической энергии материальной точки в интегральной форме [3]

$$\frac{1}{2} mv_2^2 - \frac{1}{2} mv_1^2 = \sum_{k=1}^n A(F_k), \quad (7)$$

где $\sum_{k=1}^n A(F_k)$ — сумма работ всех сил по перемещению семени из начального в конечное положение, т. е. на длину $S = H_{\text{вн}}$.

На рис. 3 представлена расчетная схема для определения скорости опускания семени под действием всех сил. Ось X направляем вдоль ли-

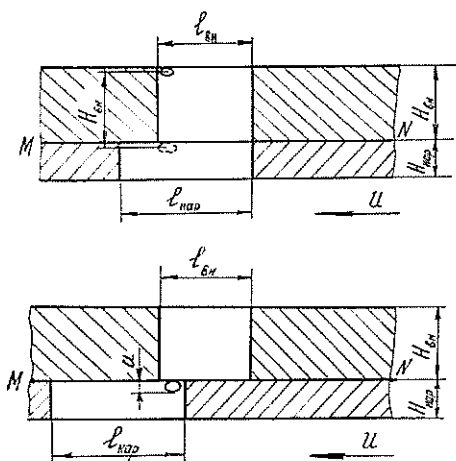


Рис. 2. Схема к определению параметров высевающего аппарата барабанного типа.
а — высота семени.

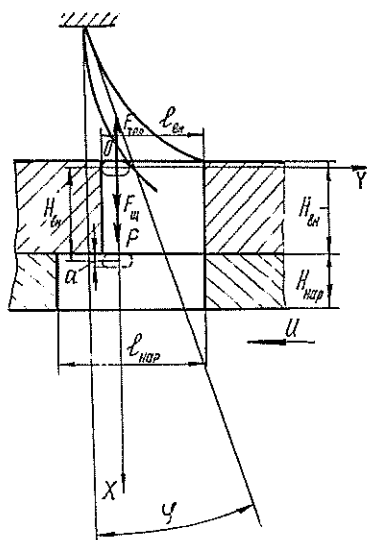


Рис. 3. Расчетная схема к определению суммы работ сил, приложенных к семени на его перемещении $H_{вн}$.

нии полета семени, начало отсчета находится в первоначальном положении семени 0.

Сумма работ сил, приложенных к семени на его перемещении, равном $H_{вн}$:

$$\Sigma A(F_k) = A(P) + A(F_{ш}) - A(F_{тр.с}). \quad (8)$$

Работа силы тяжести при перемещении семени от 0 до $H_{вн}$

$$A(P) = \int_0^{H_{вн}} P = PH_{вн}.$$

Работа силы упругости волосков щетки, воздействующих на семя:

$$A(F_{ш}) = \int_0^{\varphi} Cn = C\varphi n,$$

где φ — угол, обозначающий перемещение волосков щетки от 0 до φ (рис. 3), рад. Угол φ определяется конструктивными параметрами щеточного выталкивателя;

C — коэффициент упругости волоска щетки (постоянная величина);
 n — количество волосков, действующих на семя в процессе его активного выталкивания.

При вычислении работы силы трения последняя принята увеличенной. Работа силы трения скольжения семени о поверхность высевной ячейки внутреннего барабана

$$A(F_{тр.с}) = - \int_0^{H_{вн}} F_{тр.с} = - fH_{вн}P \cos 0^\circ = - fPH_{вн}.$$

В действительности силу трения, а следовательно, и ее работу можно признать незначимой.

Обратимся к выражению (7). В начальном положении кинетическая энергия семени равна нулю, т. е. семя находится в состоянии покоя. В конечном положении семя приобрело скорость v_c под действием перечисленных сил, поэтому:

$$T_2 = \frac{1}{2} \frac{P}{g} v_c^2.$$

Сумма работ всех сил по перемещению семени на величину $H_{\text{вн}}$:

$$\Sigma A(F_k) = PH_{\text{вн}} + C\varphi n - fPH_{\text{вн}} = PH_{\text{вн}}(1 - f) + C\varphi n. \quad (9)$$

После подстановки значений T_1 , T_2 и $\Sigma A(F_k)$ в формулу (7) получаем

$$v_c = 4,43 \sqrt{H_{\text{вн}}(1 - f) + k}, \quad (10)$$

где k — постоянный коэффициент, определяющий влияние щетки на семя в процессе высева:

$$k = \frac{C\varphi n}{mg}. \quad (11)$$

Здесь m — масса семени.

Из выражения (10) видно, что скорость движения семени в момент выпадения из ячейки высева неподвижного внутреннего барабана определяется высотой ячейки $H_{\text{вн}}$, коэффициентом трения семени о поверхность ячейки высева f и константой k , выражающей влияние волосков щеточного выталкивателя на семя.

Время падения семени можно определить по формуле

$$t = \frac{H_{\text{вн}}}{4,43 \sqrt{H_{\text{вн}}^2 \left(\frac{1-f}{H_{\text{вн}}} + \frac{k}{H_{\text{вн}}^2} \right)}} = \frac{1}{4,43 \sqrt{\frac{1-f}{H_{\text{вн}}} + \frac{k}{H_{\text{вн}}^2}}}. \quad (12)$$

Подставляя в формулу (5) значение t из формулы (12), находим необходимую длину ячейки высева наружного барабана из условия неповреждения семени:

$$l_{\text{нар}} > \frac{U}{4,43 \sqrt{\frac{1-f}{H_{\text{вн}}} + \frac{k}{H_{\text{вн}}^2}}}. \quad (13)$$

Таким образом, исходя из условия неповреждения семени в процессе высева барабанным аппаратом, по формуле (13) легко определить необходимую длину ячейки высева наружного барабана. Например, если $U = 2$ см/с; $f = 0,4$; $C = 1,066 \cdot 10^{-1}$ Н/см; $m = 7 \cdot 10^{-3}$ г [6]; $n = 1$; $\varphi = 15^\circ$ (определили экспериментальным путем), то $l_{\text{нар}}$ для высева семян сосны обыкновенной через отверстие круглой формы высевной ячейки внутреннего барабана должно быть больше 18,3 мм.

Аналогично по полученным зависимостям $H_{\text{вн}}$, $l_{\text{вн}}$, $l_{\text{нар}}$ можно рассчитать основные параметры, влияющие на точность дозирования в описанном порционном аппарате барабанного типа для высева любых семян.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. с. 1053770 СССР, МКИ А 01 С5/00; А 01 С7/00. Сялка/ П. С. Нартов, Ф. В. Пошарников, В. П. Ивановский (СССР).— № 3476418/30-15; Заявлено 28.07.82, Бюл. № 42 // Открытия. Изобретения.— 1983.— № 42.— С. 4. [2]. Ларюхин Г. А. Свойства лесных семян как посевного материала для сеялок // Исследование рабочих процессов новых машин на лесокультурных работах: Сб. науч. тр. ВНИИЛМ.— М.:

Лесн. пром-сть, 1964.— С. 5—29. [3]. Никитин Е. М. Теоретическая механика для техникумов.— М.: Наука, 1983.— 335 с. [4]. Пошарников Ф. В. Обоснование и расчет рабочих органов лесных сеялок.— Воронеж: ВГУ, 1978.— 147 с. [5]. Руководство по лесовосстановлению в гослесфонде Карельской АССР.— Петрозаводск: Карелия, 1969.— 73 с. [6]. Свиридов Л. Т. Обоснование технологической схемы и параметров обескряливающего устройства малогабаритной семеочистительной машины: Дис. . . канд. техн. наук. Воронеж, 1982.— 148 с.

Поступила 29 января 1986 г.

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

УДК 630*375.12 : 62-192

ВЕРоятностный метод оценки надежности канатов подвесных лесотранспортных установок

Н. М. БЕЛАЯ, Н. Г. АДАМОВСКИЙ, Э. Н. МАТВЕЕВ

Львовский лесотехнический институт

Совершенствование методов расчета и проектирования конструкций и сооружений в целях снижения их материалоемкости и стоимости при одновременном обеспечении надежности и долговечности — один из важных составных элементов научно-технического прогресса отрасли.

Оценка надежности канатной оснастки подвесных лесотранспортных установок (ПКУ) определяется условием обеспечения требуемого запаса прочности, обуславливающего соответствующую долговечность подвесной системы [2]:

$$n_k = \frac{T_p}{T_{mp}}, \quad (1)$$

где T_p — разрывное усилие целого каната;

T_{mp} — наибольшее (расчетное) натяжение каната.

Запас по несущей способности канатов назначается с учетом фактического перераспределения напряжений, возникающих между отдельными проволоками при нагрузках, близких к разрушающим; прочность канатов при растяжении обеспечивается условием (1). Недостатком такого метода расчета канатов является его детерминированный характер, так как такой подход к решению задачи не отражает должным образом явления неизбежного рассеивания максимальных напряжений в процессе нагружения каната. Этот недостаток можно частично устранить определением статистических запасов прочности или построением статистических моделей надежности, т. е. определением вероятности разрушения канатов [3, 4].

Для расширения существующих представлений о степени надежности авторами предпринята попытка разработать вероятностный метод оценки надежности канатов подвесных установок.

Для определения вероятности разрушения канатов необходимо построить кривую распределения функции их прочности [4]

$$\zeta \geq \sigma_u - \sigma, \quad (2)$$

где σ_u — предельное напряжение материала проволок;

σ — действующее напряжение.

Канаты подвесных лесотранспортных установок выбраковывают по причинам естественного износа по числу оборванных проволок на пряди или на шаге свивки и в результате их механического повреждения.

В теории надежности для описания отказов, вызванных износом деталей, применяется закон нормального распределения [4]. На основании этого закона, а также выводов, полученных в работе [1], можно допустить, что величины σ_u и σ имеют нормальное распределение, следовательно, и кривая ζ будет также нормальной. Тогда вероятность разрушения канатов равна вероятности условия $\zeta < 0$. Вероятность же проч-

ности каната можно представить в виде композиции нормальных распределений σ_u и σ [7], в соответствии с (2),

$$R = P(\zeta > 0) = \int_0^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi(S_{\sigma_u}^2 + S_{\sigma}^2)}} \exp\left[-\frac{\zeta - (m_{\sigma_u} + m_{\sigma})^2}{2(S_{\sigma_u}^2 + S_{\sigma}^2)}\right] d\zeta. \quad (3)$$

Интеграл (3) выражается через функцию Лапласа [4]:

$$R = \Phi\left(\frac{m_{\sigma_u} + m_{\sigma}}{\sqrt{S_{\sigma_u}^2 + S_{\sigma}^2}}\right), \quad (4)$$

где S_{σ_u} , S_{σ} , m_{σ_u} , m_{σ} — соответственно средние квадратичные отклонения и математические ожидания предельного и действующего напряжений;

Φ — стандартная функция Лапласа.

Нарушение работоспособности подвесных установок может быть вызвано повреждением элементов канатной оснастки, в которой под действием внешних сил возникают в основном напряжения растяжения и изгиба.

Рассмотрим процесс растяжения каната с поперечным сечением в виде круга.

Растягивающее напряжение в опасном сечении каната

$$\sigma = \frac{4N}{\pi d_k^2}, \quad (5)$$

где N — продольное усилие, возникающее в канате;

d_k — диаметр поперечного сечения каната.

Математическое ожидание действующего напряжения m_{σ} и дисперсии S_{σ}^2 по приближенным формулам теории вероятностей в предположении некоррелированности аргументов, от которых зависит напряжение при растяжении, определяется в соответствии с [5]:

$$\left. \begin{aligned} m_{\sigma} &= \frac{4}{\pi} \frac{m_N}{m_d^2}; \\ S_{\sigma}^2 &= \left[\frac{\partial \sigma}{\partial N}\right]^2 S_N^2 + \left[\frac{\partial \sigma}{\partial d}\right]^2 S_d^2. \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

Подставив m_{σ_u} и S_{σ}^2 в (4), получим выражение для определения вероятности прочности каната при растяжении:

$$R_N = \Phi\left(\frac{m_{\sigma_u} - \frac{4}{\pi} \frac{m_N}{m_d^2} k_d}{\sqrt{S_{\sigma_u}^2 + \frac{16}{\pi^2} \left[\frac{S_N^2}{m_d^4} + \frac{2(m_N S_d)^2}{m_d^6}\right]}}\right), \quad (7)$$

где m_N , m_d , S_N , S_d — математическое ожидание и среднее квадратичное отклонение осевого усилия и диаметра каната;

k_d — коэффициент динамичности.

Для несущих канатов подвесных установок динамические нагрузки при прицепке грузов к каретке и при максимальной скорости их спуска составляют 8...10% от максимального усилия, т. е. практически не превышают обычных колебаний усилий в канатах в процессе транспортирования грузов одной массы. Следовательно, для несущих канатов можно принять $k_d = 1,08 \dots 1,1$ [2].

Для тяговых канатов (незамкнутого контура) коэффициент динамичности при подъеме груза

$$k_d = 1 + \frac{v}{g} \sqrt{\frac{A_{np}}{ml_0}}, \quad (8)$$

где v — линейная скорость навивки каната на барабан лебедки;

g — ускорение свободного падения;

m — масса груза;

l_0 — длина каната в момент отрыва груза от земли.

По методике В. К. Качурина [6] величину l_0 можно определить как

$$l_0 = \sum_{i=1}^n \left(\frac{a_i}{\cos \gamma_i} + \frac{q_k^2 a_i^3}{24F_k^2 \cos \gamma_i} \right) + \xi h, \quad (9)$$

где a_i , γ_i — соответственно горизонтальная проекция и угол наклона хорды i -того участка грузоподъемного каната;

n — число участков грузоподъемного каната, равное числу направляющих блоков;

q_k — погонный вес грузоподъемного каната;

h — высота подъема груза;

F_k — натяжение каната в момент отрыва груза от опоры:

$$F_k = \frac{mg}{\xi \eta_n};$$

ξ , η_n — соответственно кратность и коэффициент полезного действия полиспаста каретки.

Условную приведенную продольную жесткость канатной системы при подъеме груза вычисляют по формуле

$$A_{np} = \frac{E_k A}{1 + \frac{\lambda E_k A}{l_0}}, \quad (10)$$

где $E_k A$ — продольная жесткость грузоподъемного каната как агрегата.

Для установок с замкнутым канатом

$$\lambda = \frac{\lambda_1}{\xi} (\xi + \sin \gamma_1 + \sin \gamma_2) + \frac{q_k \xi^3 \eta_n^3}{12m^3 g^3} \sum_{i=1}^n \frac{a_i^3}{\cos \gamma_i} + \lambda_n + \sum_{i=1}^n \lambda_{\delta_i},$$

где λ — приведенная податливость канатной системы;

λ_1 — податливость несущего каната в поперечном направлении;

λ_n — податливость лебедки;

λ_{δ_i} — податливость i -того направляющего блока.

γ_1 , γ_2 — углы наклона хорд ветвей грузоподъемного каната к горизонту соответственно в первом и втором участках каната (в направлении от нижней опоры до приводной лебедки).

Для установок с незамкнутым канатом

$$\lambda = \lambda_1 (1 - \sin \gamma_1) + \lambda_2 \cos \gamma_1 + \frac{q_k^2}{12m^3 g^3} \sum_{i=1}^n \frac{a_i}{\cos \gamma_i} + \lambda_n + \sum_{i=1}^n \lambda_{\delta_i},$$

где λ_2 — податливость несущего каната в продольном направлении.

Испытания силовых режимов работы тяговых канатов в реальных производственных условиях показали, что коэффициент динамики таких канатов изменяется от 1,5 до 2,5 [2].

Аналогичным образом получено выражение для определения вероятности прочности при изгибе каната

$$R_M = \Phi \left(\frac{m_{\sigma_u} - \frac{32m_M}{\pi m_d^3} k_d}{\sqrt{S_{\sigma_u}^2 + \left(\frac{32}{\pi}\right)^2 \left[\frac{S_M^2}{m_d^6} + \frac{9(m_M S_d)^2}{m_d^3} \right]}} \right), \quad (11)$$

где m_M , S_M — математическое ожидание и среднее квадратичное отклонение изгибающего момента.

Известно, что расчет канатов, работающих на блоках по разрушающей нагрузке, представляет собой сложную математическую задачу. С достаточной для инженерных расчетов точностью можно записать [8].

$$\sigma_t + \sigma_c = \sigma_u / n_k, \quad (12)$$

где σ_t и σ_c — напряжения в ветвях канатов, набегающих на блок, до места расположения переходного участка и дополнительное, возникающее на переходном участке в наиболее нагруженном элементе каната.

Рассматривая R_k как вероятность совмещения двух событий $R\{E_N \cap E_M\}$ [1], для нагружения каната растяжением с изгибом получим:

$$R_k = \Phi \left(\frac{m_{\sigma_u} - \frac{4}{\pi m_d^2} \sqrt{m_N^2 + m_M^2} k_d}{\sqrt{S_{\sigma_u}^2 + \frac{16}{\pi^2} \frac{1}{m_d^4 (m_N + m_M)^2} \left[(m_N S_N)^2 + (m_M S_M)^2 + \frac{[(m_N + m_M) S_d]^2}{m_d^2} \right]}} \right). \quad (13)$$

При расчете вероятности прочности канатов ПКУ предполагается, что статистические характеристики пределов выносливости σ_u и действующих напряжений σ относятся к генеральной совокупности (выборке бесконечно больших размеров). В действительности указанные величины можно определить по выборке (объему испытаний), содержащей конечное число образцов. Следовательно, значения вероятности прочности R , вычисленные по средним значениям и с учетом рассеяния экспериментальных данных, расходятся между собой. Предложенная методика определения вероятности прочности канатов R ПКУ как характеристики надежности правильно отражает качественные особенности задачи и может использоваться при прогнозировании безотказной работы подвесных систем временного действия, работающих с запасами прочности $1,8 < n < 2$, поскольку вероятность прочности канатов R возрастает при уменьшении их запасов прочности, увеличении рассеяния нагрузок и механических свойств материала проволок каната.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Адамовский Н. Г., Матвеев Э. Н. Статистическое описание сроков службы канатов лесотранспортных установок // Лесн. хоз-во, лесн., бум. и деревообаб. пром-сть.— Киев, 1978.— Вып. 9.— С. 57—60. [2]. Белая Н. М. Исследование работы подвесных канатных лесотранспортных установок и перспективы их развития и совершенствования // Проблемы комплексных лесных предприятий в Карпатах.— Ужгород, 1969.— С. 158—184. [3]. Биргер И. Л., Шорр Б. Ф., Шнейдерович Р. М. Расчет на прочность деталей машин.— М.: Машиностроение, 1973.— 702 с. [4]. Болотин В. В. Статистические методы в строительной механике.— М.: Стройиздат, 1965.— 279 с. [5]. Вентцель Е. С. Теория вероятностей.— М.: Наука, 1969.— 257 с. [6]. Качурин В. К. Теория висящих систем.— М.; Л.: Госстройиздат, 1962.— 224 с. [7]. Кучерявый В. И. Расчетная оценка надежности элементов лесозаготовительных

машин по критерию прочности// Лесн. журн.— 1985.— № 2.— С. 125—127.— (Изв. высш. учеб. заведений). [8]. Сергеев С. Т. Надежность и долговечность подъемных канатов.— Киев: Техника, 1968.— 238 с.

Поступила 26 мая 1986 г.

УДК 634*372

РАСЧЕТ КАНАТА ПРОМЕЖУТОЧНОЙ ОПОРЫ МНОГОПРОЛЕТНОЙ ПОДВЕСНОЙ ЛЕСОТРАНСПОРТНОЙ УСТАНОВКИ

И. И. СЛЕПКО

Хмельницкий технологический институт

Несущие канаты многопролетных временных подвесных лесотранспортных установок монтируют на опорных башмаках, которые подвешивают на поперечных канатах промежуточных опор.

Н. М. Белой [1] разработана методика расчета канатов промежуточных опор и проведены экспериментальные исследования работы канатов на установках типа ВТУ-3. Экспериментальные исследования [1] показали, что отношение монтажного натяжения T'_0 каната промежуточной опоры к его конечному натяжению T_1 зависит от монтажного T_0 натяжения несущего каната установки. Однако в предложенной методике расчета [1] не учитываются конструктивные параметры установки: длина ее пролетов, монтажное и конечное натяжения несущего каната.

Нами исследованы усилия в канате промежуточной опоры с учетом схемы навески несущего каната установки и ее грузоподъемности. Расчетная схема навески поперечного каната, как указывает Н. М. Белая [1], представляет собой трехпролетную нить с закрепленными концами и равными по величине крайними пролетами.

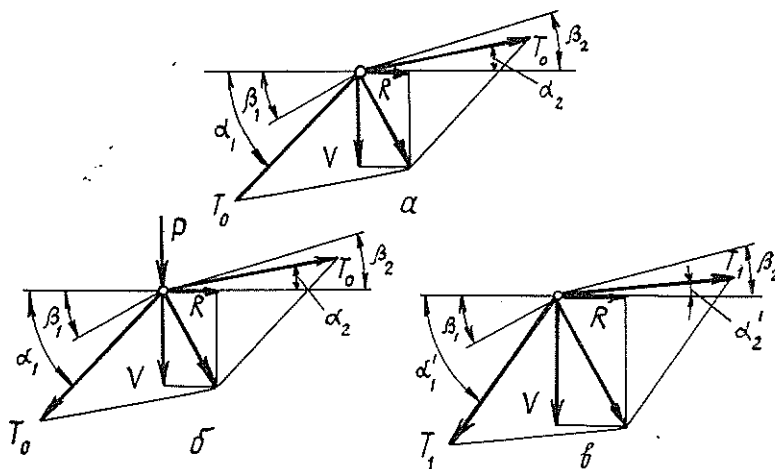


Рис. 1. Схема сил, действующих на канат промежуточной опоры.

На рис. 1 приведены схемы сил, передающихся на канат промежуточной опоры через башмак при различных состояниях несущего каната.

В состоянии, соответствующем монтажному натяжению несущего каната, канат промежуточной опоры находится под действием собственного веса и сил натяжения несущего каната, передающихся через

башмак на канат промежуточной опоры (рис. 1, а). При этом монтажное натяжение каната промежуточной опоры равно T'_0 .

В процессе загрузки несущего каната изменяется натяжение как несущего каната, так и каната промежуточной опоры. Рассмотрим два случая предельного нагружения каната промежуточной опоры:

а) груз P находится на промежуточной опоре и натяжение несущего каната равно T_0 (рис. 1, б);

б) груз P находится посередине расчетного (наибольшего) пролета, натяжение несущего каната максимально и равно T_1 (рис. 1, в).

Разложив силу натяжения несущего каната на две составляющие, получим горизонтальную и вертикальную составляющие силы давления башмака на канат промежуточной опоры, лежащей в плоскости, перпендикулярной плоскости первоначального провеса каната промежуточной опоры.

В состоянии 0 (рис. 1, а)

$$\begin{aligned} R &= T_0 (\cos \alpha_2 - \cos \alpha_1); \\ V &= T_0 (\sin \alpha_1 - \sin \alpha_2). \end{aligned} \quad (1)$$

В состоянии 1а (рис. 1, б)

$$\begin{aligned} R &= T_0 (\cos \alpha_2 - \cos \alpha_1); \\ V &= P + T_0 (\sin \alpha_1 - \sin \alpha_2). \end{aligned} \quad (2)$$

В состоянии 1б (рис. 1, в)

$$\begin{aligned} R &= T_1 (\cos \alpha'_2 - \cos \alpha'_1); \\ V &= T_1 (\sin \alpha'_1 - \sin \alpha'_2), \end{aligned} \quad (3)$$

где α_1, α_2 , и α'_1, α'_2 — углы наклона к горизонту касательных к ветвям несущего каната на опорном башмаке при монтажном T_0 и конечном T_1 его натяжениях.

Согласно [2],

$$\operatorname{tg} \alpha = \operatorname{tg} \beta - \frac{Q}{H}, \quad (4)$$

где β — угол наклона хорды пролета несущего каната к горизонту;
 Q — перерезывающая сила в балке на двух опорах пролетом, равным пролету несущего каната, и нагруженной аналогично несущему канату;

H — горизонтальная составляющая натяжения несущего каната; с некоторым приближением можно принять, что $H = T \cos \beta$ — натяжение несущего каната.

Используя равенство (4), получим выражение для определения значений углов наклона усилий, действующих на канат промежуточной опоры в различных состояниях. Состояние 0 и 1а (полезный груз отсутствует или находится на опоре):

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \alpha_1 &= \operatorname{tg} \beta_1 + \frac{q l_n}{2T_0 \cos^2 \beta_1}; \\ \operatorname{tg} \alpha_2 &= \operatorname{tg} \beta_2 - \frac{q l_n}{2T_0 \cos^2 \beta_2}, \end{aligned} \quad (5)$$

где l_n, l_n — длина смежных пролетов несущего каната;
 β_1, β_2 — углы наклона хорд смежных пролетов несущего каната к горизонту;
 q — вес 1 пог. м несущего каната.

Состояние 1б (полезный груз расположен посередине расчетного пролета):

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \alpha'_1 &= \operatorname{tg} \beta_1 + \frac{q l_n}{2T_1 \cos^2 \beta_1}; \\ \operatorname{tg} \alpha'_2 &= \operatorname{tg} \beta_2 - \frac{q l_n + P}{2T_1 \cos^2 \beta_2}. \end{aligned} \quad (6)$$

Таким образом, расчетная схема каната промежуточной опоры соответствует расчетной схеме гибкой нити с жестко закрепленными концами, нагруженной в плоскости первоначального провеса от собственного веса силой V и в плоскости, перпендикулярной плоскости первоначального провеса, силой R (рис. 2).

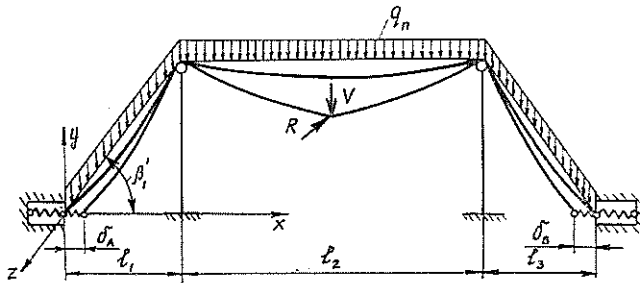


Рис. 2. Расчетная схема каната промежуточной опоры.

Поскольку концы каната промежуточной опоры жестко закреплены, то для определения усилий в канате необходимо рассматривать три стороны задачи — статическую, геометрическую и физическую [1].

С геометрической стороны задачи абсолютное удлинение каната

$$\Delta L = L_1 - L_0, \quad (7)$$

где L_0 — монтажная длина каната;

L_1 — длина каната после дополнительного его нагружения.

Согласно [3], длина каната в i -том пролете

$$L_i = \frac{l_i}{\cos \beta_i} + \frac{1}{2H_i^2} \left(\int_{l_i} Q_{zi}^2 dx + \cos^3 \beta_i \int_{l_i} Q_{yi}^2 dx \right), \quad (8)$$

где Q_z и Q_y — перерезывающие силы в балке на двух опорах пролетом, равным i -тому пролету каната, и нагруженной соответственно в горизонтальной и вертикальной плоскостях аналогично канату.

Исходя из расчетной схемы (рис. 2), на основании формулы (8) длина каната промежуточной опоры как симметричной трехпролетной нити равна:

а) монтажная

$$L_0 = l_2 + \frac{A_0}{2(T_0')^2}; \quad (9)$$

б) после дополнительного нагружения

$$L_1 = l_2 - \frac{\delta_A + \delta_B}{\cos \beta_1} + \frac{A_1}{2(T_1')^2}, \quad (10)$$

где A_0 и A_1 — величины грузовых факторов, равные [3]:

$$A_i = 2 \cos \beta' \int_0^{l_1} Q_{iy_1}^2 dx + \int_0^{l_2} (Q_{iz_2}^2 + Q_{iy_2}^2) dx; \quad (10a)$$

δ_A, δ_B — смещение концевых опор каната промежуточной опоры;
 β'_1 — угол наклона хорды крайнего пролета каната промежуточной опоры к горизонту;
 l_2 — суммарная длина каната промежуточной опоры, равная:

$$l_2 = 2 \frac{l_1}{\cos \beta'_1} + l_2,$$

где l_1, l_2 — длина пролетов каната промежуточной опоры.

На основании выражений (9), (10) и (7) геометрическая сторона задачи примет вид

$$\Delta L = \frac{A_1}{2(T'_1)^2} - \frac{A_0}{2(T'_0)^2} - \frac{\delta_A + \delta_B}{\cos \beta'_1}. \quad (11)$$

Рассматривая физическую сторону задачи, согласно [4] получим:

$$\Delta L = \left(\frac{T'_1 - T'_0}{EF} + \alpha_t \Delta t \right) l_2, \quad (12)$$

где E, F — продольная жесткость каната промежуточной опоры;
 α_t — коэффициент линейного расширения материала проволоки каната;
 Δt — приращение температуры [5].

Предполагая, что опоры упругоподатливые, т. е. что $\delta_i = (H_i - H_0) k_i$, где k_i — коэффициент податливости i -той опоры (м/кг), имеем:

$$\frac{\delta_A + \delta_B}{\cos \beta'_1} = (T'_1 - T'_0)(k_A + k_B) = (T'_1 - T'_0) k_{np}, \quad (13)$$

где k_{np} — приведенный коэффициент податливости концевых опор.

На основании синтеза геометрической и физической сторон задачи получим уравнение состояния каната промежуточной опоры в общем виде

$$\frac{A_1}{2(T'_1)^2} - \frac{A_0}{2(T'_0)^2} = \left(\frac{T'_1 - T'_0}{A_{np}} + \alpha_t \Delta t \right) l_2, \quad (14)$$

где A_{np} — условная приведенная продольная жесткость системы канат — опоры, равная:

$$A_{np} = \frac{EF}{1 + \frac{k_{np} EF}{l_2}}.$$

Решая уравнение (14) относительно конечного и монтажного натяжения, найдем:

$$(T'_1)^3 - (T'_1)^2 \left[T'_0 - \left(\frac{A_0}{2(T'_0)^2 l_2} + \alpha_t \Delta t \right) A_{np} \right] - \frac{A_1}{2l_2} A_{np} = 0; \quad (15)$$

$$(T'_0)^3 - (T'_0)^2 \left[T'_1 - \left(\frac{A_1}{2(T'_1)^2 l_2} - \alpha_t \Delta t \right) A_{np} \right] - \frac{A_0}{2l_2} A_{np} = 0. \quad (16)$$

В общем случае рассматривая, что башмак расположен посередине пролета l_2 каната, и используя [4, 5], получим выражение для грузовых факторов:

$$A_i = \frac{q_n^2 l_1^3}{6 \cos \beta'_1} + \frac{q_n^2 l_2^3}{12} + \frac{V_i l_2}{4} (V_i + q_n l_2) + \frac{R_i^2 l_2}{4}. \quad (17)$$

Выражение (17) грузовых факторов A_0 и A_1 в зависимости от состояния каната с учетом выражений (1) — (3)

$$A_0 = \{ [T_0 (\sin \alpha_1 - \sin \alpha_2) + q_n l_2] (\sin \alpha_1 - \sin \alpha_2) + T_0 (\cos \alpha_1 - \cos \alpha_2)^2 \} \times \\ \times T_0 \frac{l_2}{4} + \frac{q_n^2 l_1^3}{6 \cos \beta'_1} + \frac{q_n^2 l_2^3}{12}; \quad (18)$$

а) груз P находится на башмаке

$$A_0 = [P + T_0 (\sin \alpha_1 - \sin \alpha_2)] [P + T_0 (\sin \alpha_1 - \sin \alpha_2) + q_n l_2] \frac{l_2}{4} + \\ + T_0^2 \frac{l_2}{4} (\cos \alpha_1 - \cos \alpha_2)^2 + \frac{q_n^2 l_1^3}{6 \cos \beta'_1} + \frac{q_n^2 l_2^3}{12}; \quad (19)$$

б) груз P находится посередине расчетного пролета

$$A_1 = \{ [T_1 (\sin \alpha'_1 - \sin \alpha'_2) + q_n l_2] (\sin \alpha'_1 - \sin \alpha'_2) + T_1 (\cos \alpha'_1 - \\ - \cos \alpha'_2)^2 \} \frac{T_1 l_2}{4} + \frac{q_n^2 l_1^3}{6 \cos \beta'_1} + \frac{q_n^2 l_2^3}{12}. \quad (20)$$

В уравнениях (20) и (16) величины осевых усилий в несущем канате T_1 и в канате промежуточной опоры T'_1 определяются исходя из условия прочности каната на разрыв

$$T_1 \leq \frac{T_p}{[n]}, \quad (21)$$

где T_p — разрывное усилие каната;

$[n]$ — допускаемый коэффициент запаса прочности.

Если в уравнении (15) с учетом выражений (18) и (19) пренебречь усилиями от натяжения несущего каната, а также податливостью концевых опор и приращением температуры, то оно примет вид уравнения общего состояния каната промежуточной опоры, которое получено Н. М. Белой [1].

Если в уравнении (16) принять $A_0 = \frac{q_n^2}{6} \left(\frac{l_1^3}{\cos \beta'_1} + \frac{l_2^3}{2} \right)$, то получим монтажное натяжение каната промежуточной опоры, соответствующее нагружению его только собственным весом.

Полученные уравнения общего состояния каната промежуточной опоры позволяют определить необходимое монтажное и конечное его натяжение с учетом конструкционных и эксплуатационных параметров установки.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Белая Н. М., Прохоренко А. Г. Канатные лесотранспортные установки. — М.: Лесн. пром-сть, 1964. — 299 с. [2]. Дукельский А. И. Подвесные канатные дороги и кабельные краны. — М.; Л.: Машиностроение, 1966. — 484 с. [3]. Качурин В. К. Теория висячих систем. — М.; Л.: Госстройиздат, 1962. — 224 с. [4]. Сленко И. И., Пустовойтов А. А. Метод расчета несущего каната многопролетной подвесной установки с произвольным числом грузов // Лесн. журн. — 1974. — № 5.

С. 40—47.— (Изв. высш. учеб. заведений). [5]. Слепко И. И., Адамовский Н. Г. Исследование усилий в несущем канате однопролетной установки при подтягивании груза со стороны // Лесн. журн.— 1978.— № 6.— С. 49—54.— (Изв. высш. учеб. заведений).

Поступила 8 апреля 1985 г.

УДК 630*377.44.001.2

ВЛИЯНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИМЕНЯЕМЫХ МАТЕРИАЛОВ НА МАТЕРИАЛОЕМКОСТЬ ЛЕСНЫХ МАШИН

В. С. КРАЛИН

Уральский лесотехнический институт

Материалоемкость и надежность — важные показатели эффективности любой машины. Например, уменьшение материалоемкости валочно-трелевочных машин (ВТМ) ЛП-17 и ЛП-49 на 5% позволит повысить их производительность в среднем на 20%, а низкая надежность ВТМ снижает производительность до 30% [4].

Один из наиболее эффективных путей увеличения надежности и снижения массы машин — использование материалов с повышенными механическими характеристиками. Однако возрастание прочности имеет разумный предел, ограничиваемый экономическими соображениями. Поэтому важно знать точное количественное влияние этой характеристики на массу и надежность машины, так как интуитивная оценка принимаемых решений зачастую ошибочна.

Цель данной статьи — количественный и качественный анализ влияния механических характеристик применяемых материалов на материалоемкость лесных машин при заданном уровне их надежности. Была использована математическая модель оптимального проектирования (ОП) навесных гидроманипуляторов (ГМ) лесотранспортных машин. В качестве примера рассмотрен ГМ валочно-трелевочной машины ВП-80.

Кратко остановимся на формулировке задачи ОП и особенности задания целевой функции и уравнений ограничений. Для этого рассмотрим стрелу ГМ ВП-80, общий вид которой представлен на рис. 1.

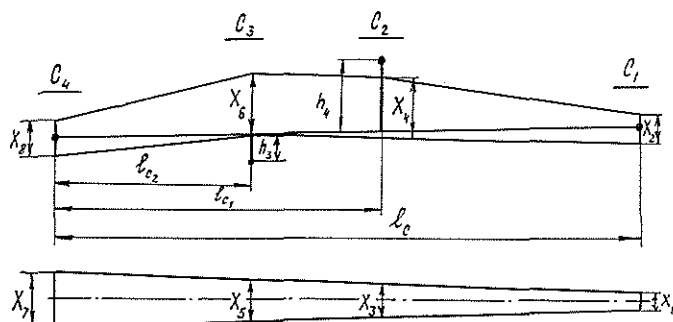


Рис. 1. Общий вид стрелы гидроманипулятора валочно-трелевочной машины ВП-80.

Первым и важнейшим этапом задачи ОП является выбор и обоснование показателей эффективности. В нашем случае принимаем единственный показатель эффективности — массу металлоконструкции стрелы при заданном ограничении на вероятность безотказной работы

(ВБР). Согласно приведенной на рис. 1 схеме, для стрелы ГМ ВП-80 целевая функция имеет следующий вид:

$$m_c = \sum_{i=1}^n F_i l_i \gamma, \quad (1)$$

где F_i — площадь i -того сечения стрелы ГМ, м²;

l_i — длина i -того элемента ГМ, м;

γ — плотность материала, из которого изготовлен ГМ, кг/м³.

Запишем в общем виде независимые переменные, входящие в целевую функцию (1), которые образуют вектор конструктивных параметров:

$$X_{<m>} = \langle X_1, X_2, \dots, X_8, t, l_c, l_c, l_c, h_3, h_4 \rangle, \quad (2)$$

где X_1, \dots, X_8 — ширина и высота расчетных сечений стрелы ГМ, м;

t — толщина материала, из которого изготовлен ГМ, м;

l_c, h_i — координаты шарнирных соединений стрелы ГМ, м.

Совокупность независимых переменных, образующих вектор конструктивных параметров, можно представить в виде множества:

$$\{X\}_m = \{X_i\}_n \cup \{X_a\}_l, \quad (3)$$

где $\{X_i\}_n$ — множество параметров, варьируемых по условию задачи (параметры управления), м;

$\{X_a\}_l$ — множество параметров, которые не варьируются по условию задачи (параметры состояния), м.

Для стрелы ГМ ВП-80 компонентами вектора управления $X_{<n>}$ являются геометрические характеристики поперечных сечений C_i : ширина X_i и высота X_{i+1}

$$X_{<n>} = \langle X_1, X_2, \dots, X_8 \rangle. \quad (4)$$

Областные (гипероктантные) ограничения устанавливаются на основании конструктивных соображений и для ГМ ВП-80 их можно записать так:

$$\begin{cases} 0,05 \leq X_1 \leq 0,5; \\ \dots \dots \dots \\ 0,05 \leq X_8 \leq 0,5. \end{cases} \quad (5)$$

В качестве функциональных ограничений принята вероятность безотказной работы R для каждого из дискретных, расчетных сечений стрелы ГМ, которая имеет общий вид:

$$R = P(r > \sigma) = P(r - \sigma > 0), \quad (6)$$

где r — характеристика несущей способности конструкции, МПа;

σ — действующие напряжения, МПа.

В представленной постановке задача ОП может быть сформулирована в виде монокритериальной, многопараметрической задачи нелинейного программирования (НП) при нелинейном характере целевой функции и ограничений. Найти

$$\min m_c = \min f(X_1^*, X_2^*, \dots, X_8^*) \quad (7)$$

$$X_i^* \in D$$

при ограничениях

$$R_i(X_1, X_2, \dots, X_8) - A \geq 0; \quad (8)$$

$$0,05 \leq X_{<n>} \leq 0,5, \quad (9)$$

где D — допустимая область решения задачи НП;
 A — нормативное значение ВБР для каждого расчетного сечения ГМ.

Остановимся на формализации функциональных ограничений. В общем виде ВБР имеет вид [3]

$$R = \int_0^{\infty} f(\sigma) \left[\int_0^{\infty} f(r) dr \right] d\sigma = \int_0^{\infty} f(r) \left[\int_0^r f(\sigma) d\sigma \right] dr, \quad (10)$$

где $f(\sigma)$ — плотность распределения напряжений σ ;
 $f(r)$ — плотность распределения несущей способности r .

Анализ формулы (10) показывает, что для определения величины R достаточно знать плотность распределения $f(\sigma)$ напряжения σ и плотность распределения $f(r)$ несущей способности r . Под несущей способностью конструкции в данной задаче понимается одна из ее механических характеристик — предел текучести σ_T материала. Параметры и вид закона распределения величины σ_T для различных материалов можно найти в справочной литературе [1].

В реальных задачах проектирования вероятностные значения действующих напряжений определяют расчетным путем, используя ту или иную теорию прочности. В задачах ОП механических систем наибольшее распространение получила теория наибольших касательных напряжений. Значения эквивалентных напряжений σ_i для всех расчетных сечений стрелы ГМ ВП-80 находят в общем случае по известной формуле

$$\sigma_i = (\sigma_{X_i}^2 + 4\tau_{X_i}^2)^{1/2}, \quad (11)$$

где σ_{X_i}, τ_{X_i} — нормальные и касательные напряжения в i -том расчетном сечении ГМ, МПа.

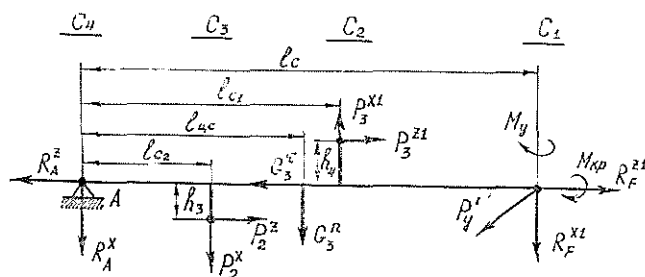


Рис. 2. Расчетная схема стрелы гидроманипулятора валоч-
 но-трелевочной машины ВП-80.

Если воспользоваться расчетной схемой стрелы ГМ ВП-80 (рис. 2), то эквивалентные напряжения σ_1 для первого сечения можно найти по формулам:

$$\sigma_1 = \{A_1^2 + 4(B_1^2 + C_1^2)\}^{1/2}, \quad (12)$$

$$A_1 = -\frac{R_F^{z1}}{F_1} + \frac{M_y Y_1}{I_{1z}}; \quad (13)$$

$$B_1 = \frac{P_y' S_{1z}}{I_{1z} X_2} + \frac{R_F^{x1} S_{1y}}{I_{1y} X_1}; \quad (14)$$

$$C_1 = \frac{M_{RP}}{W_{1k}}, \quad (15)$$

где $R_{F_i}^{z_1}$, $R_{F_i}^{x_1}$, P'_y , M_y , $M_{кр}$ — усилия и моменты, действующие на ГМ;
 F_i , W_{1k} , I_{1y} , I_{1z} — геометрические характеристики поперечных сечений ГМ; —
 S_{1z} , S_{1y} — статические моменты площади поперечного сечения манипулятора относительно осей z и y , м².

Зная вероятностные характеристики нагрузок, действующих на стрелу ГМ, и других параметров, путем аппроксимации детерминированной формулы прочностного расчета (12) можно найти вероятностные характеристики напряжений, а именно математическое ожидание (МО) μ_σ и дисперсию напряжений D_σ . Для этого существует специально разработанный математический аппарат [2]. На практике широкое распространение получил метод статистической линеаризации (метод малых возмущений).

На основании обработки статистической информации о нагруженности ГМ ВП-80 было установлено, что усилия и моменты, действующие на стрелу ГМ, подчиняются нормальному закону распределения (НЗР). Используя метод статистической линеаризации, получим выражения для определения МО и дисперсии напряжений σ , действующих в расчетных сечениях стрелы ГМ ВП-80. Учитывая, что МО напряжений σ есть первый член разложения детерминированной зависимости (12) в ряд Тейлора, формулы (12) — (15) останутся прежними, но вместо входящих в них случайных величин необходимо записать их МО. Дисперсия напряжения D_{σ_i} в сечении i стрелы равна

$$D_{\sigma_i} \approx \frac{1}{4\mu_{\sigma_i}^2} \left\{ \left[-\frac{2A_i}{\mu_{F_i}} \right]^2 D_{R_{F_i}^{z_1}} + \left[\frac{8B_1\mu_{S_{1y}}}{\mu_{I_{1y}}X_1} \right]^2 D_{R_{F_i}^{x_1}} + \left[\frac{8B_1\mu_{S_{1z}}}{\mu_{I_{1z}}X_2} \right]^2 D_{P'_y} + \right. \\
+ \left[\frac{2A_i y_1}{\mu_{I_{1z}}} \right]^2 D_{M_y} + \left[\frac{8C_1}{\mu_{W_{1k}}} \right]^2 D_{M_{кр}} + \left[\frac{2A_i\mu_{R_{F_i}^{z_1}}}{\mu_{F_i}^2} \right]^2 D_{F_i} + \\
+ \left[-\frac{8B_1\mu_{R_{F_i}^{x_1}}\mu_{S_{1y}}}{\mu_{I_{1y}}^2 X_1} \right]^2 D_{I_{1y}} + \left[-\frac{2A_i\mu_{M_y}Y_1}{\mu_{I_{1z}}^2} - \frac{8B_1\mu_{P'_y}\mu_{S_{1z}}}{\mu_{I_{1z}}^2 X_2} \right]^2 D_{I_{1z}} + \\
\left. + \left[\frac{8B_1\mu_{R_{F_i}^{z_1}}}{\mu_{I_{1y}}X_1} \right]^2 D_{S_{1y}} + \left[\frac{8B_1\mu_{P'_y}}{\mu_{I_{1z}}X_2} \right]^2 D_{S_{1z}} + \left[-\frac{8C_1\mu_{M_{кр}}}{\mu_{W_{1k}}^2} \right]^2 D_{W_{1k}} \right\}. \quad (16)$$

В случае НЗР величин σ и r формула для определения ВБР имеет следующий вид [3]:

$$R = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\frac{\mu_r - \mu_\sigma}{\sqrt{D_r + D_\sigma}}}^{\infty} e^{-\frac{z^2}{2}} dz = \Phi \left(\frac{\mu_r - \mu_\sigma}{\sqrt{D_r + D_\sigma}} \right), \quad (17)$$

где μ_σ , μ_r — МО напряжений и несущей способности, МПа;

D_σ , D_r — дисперсии напряжений и несущей способности, МПа².

Для наглядности результатов оптимального решения целесообразно выполнить декомпозицию целевой функции и оптимизацию отдельно для каждого расчетного сечения. При этом в качестве уравнений ограничений принимается ВБР отдельно для каждого сечения стрелы ГМ ВП-80, а критерия оптимальности — площадь этого сечения.

Общее выражение площади F_i для C_i -го сечения имеет следующий вид:

$$F_i = 2\mu_t(X_i + X_{i+1} - 2\mu_t), \quad (18)$$

где μ_t — МО толщины материала, из которого изготовлен ГМ, м.

Принимая во внимание сказанное, задачу ОП ГМ можно записать следующим образом: найти

$$\min_{X^* \in D} F_i = \min f(X_i^*, X_{i+1}^*) \quad (19)$$

при ограничениях

$$R(X_i, X_{i+1}) - A \geq 0, \quad (20)$$

$$a_i \leq X_i \leq b_i; \quad (21)$$

$$a_{i+1} \leq X_{i+1} \leq b_{i+1},$$

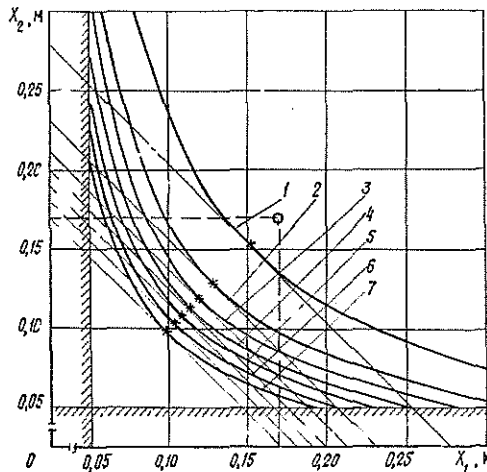
где a_i, a_{i+1} — нижнее ограничение на ширину и высоту i -того расчетного сечения стрелы ГМ ВП-80 соответственно, м;

b_i, b_{i+1} — верхнее ограничение на ширину и высоту i -того расчетного сечения стрелы ГМ ВП-80 соответственно, м.

Поиск оптимальных значений параметров ширины X_i^* и высоты X_{i+1}^* расчетных сечений выполняли методом дихотомии. Для этой цели был разработан специальный алгоритм, а его программа реализована на ЭВМ ЕС-1020.

Рис. 3. График для определения оптимальных геометрических параметров сечения S_1 стрелы при вероятности безотказной работы $R = 0,9999$ и различной прочности материала.

1 — 240 МПа; 2 — 350; 3 — 400; 4 — 450; 5 — 500; 6 — 550; 7 — 600 МПа.



На рис. 3 представлен график для определения оптимальных геометрических параметров сечения S_1 стрелы ГМ ВП-80 при ВБР, равной 0,9999, и различных значениях прочности материала μ_{r_i} . Коэффициент вариации прочности для каждого из рассматриваемых материалов равен 7,5 %.

Заштрихованными линиями показаны гипероктантные ограничения. Функциональное ограничение на величину ВБР представлено в виде семейства кривых, каждой из которых отвечает определенное значение прочности применяемого материала. Оптимальные значения ширины X_i^* и высоты X_{i+1}^* сечения S_1 стрелы ГМ ВП-80 находятся в точке касания кривых ограничений ВБР (при заданном значении прочности μ_{r_i}) и наклонных прямых, соответствующих минимальной площади поперечного сечения. Вид этих наклонных прямых определяется выражением (18).

Точка пересечения горизонтальных и вертикальных штриховых линий, обведенная кружочком на рис. 3, характеризует параметры реального сечения S_1 стрелы ГМ ВП-80 (ширина сечения $X_1 = 0,17$ м, высота сечения $X_2 = 0,17$ м).

Корректность процедуры декомпозиции целевой функции следует из выражения (1), в котором величины l_i и γ для данного ГМ постоянны, а это значит, что для минимизации массы следует последовательно минимизировать поперечную площадь всех расчетных сечений ГМ. Стрела ГМ ВП-80 имеет полое прямоугольное поперечное сечение из двух сваренных между собой корытообразных профилей (рис. 1).

Остановимся на анализе результатов оптимального решения сечения S_1 стрелы, а затем ГМ ВП-80 в целом. Как видно из графика (рис. 3), наибольшую площадь имеет сечение ГМ из материала, прочность которого 240 МПа. При повышении предела текучести стали от 350 до 600 МПа с интервалом 50 МПа экономия площади для сечения S_1 составит соответственно 7,3; 12,6; 17,1; 19,9; 24,3 %.

Было установлено, что при повышении предела текучести стали от 350 до 400 МПа масса стрелы ГМ ВП-80 может быть уменьшена на 6 %. При увеличении этой характеристики последовательно через 50 МПа до 600 МПа экономия массы составит 10 и далее 13, 16, 18 % соответственно. Для рукоятки ГМ ВП-80 эти цифры равны 6, 10, 12, 14 и 16 %. Полученные данные хорошо согласуются с результатами, известными в других отраслях промышленности, а также характеристиками зарубежных лесных машин. Характерно, что последовательное повышение прочности не означает пропорционального снижения массы ГМ. Так, при увеличении предела текучести от 350 до 450 МПа снижение массы составило 7,4 %. Далее при последовательном увеличении этой характеристики на 50 МПа экономия массы составит соответственно 6,0; 4,9; 4,6 и 4,1 %, что не пропорционально увеличению стоимости высококачественных сталей. Поэтому с учетом экономических соображений увеличение механических характеристик используемых материалов имеет разумный предел. Так, для сталей с пределом текучести 250 МПа и выше увеличение этой характеристики на 50 МПа влечет за собой повышение их стоимости в среднем на 8 % за счет дорогостоящих легирующих добавок.

Предлагаемая математическая модель оптимального проектирования навесных гидроманипуляторов лесных машин позволяет выполнять количественный анализ конструктивных решений для расчетных сечений любой формы. Для этого нужно только подставить аналитическое выражение соответствующей геометрической характеристики сечения (момент инерции сечения, момент сопротивления и др.) в математическую модель оптимального проектирования.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Вероятностные характеристики прочности авиационных материалов и размеров сортамента: Справочник/ Под ред. С. О. Охупкина.— М.: Машиностроение, 1970.— 526 с. [2]. Гладкий В. Ф. Вероятностные методы проектирования конструкций летательного аппарата.— М.: Наука, 1982.— 270 с. [3]. Капур К., Ламберсон Л. Надежность и проектирование систем/ Пер. с англ.— М.: Мир, 1980.— 604 с. [4]. Кушляев В. Ф. Лесозаготовительные машины манипуляторного типа.— М.: Лесн. пром-сть, 1981.— 248 с.

Поступила 13 августа 1986 г.

УДК 630*377.44

ОПРЕДЕЛЕНИЕ «ПОТЕРЬ» ЭНЕРГИИ, ВЫЗВАННЫХ ВЫНУЖДЕННЫМИ КОЛЕБАНИЯМИ ГУСЕНИЧНОГО ЛЕСНОГО ТРАКТОРА

А. В. ЕРХОВ

Московский лесотехнический институт

Движение колесных и гусеничных машин по неровной дороге сопровождается «потерей» энергии, которая затрачивается на преодоление дополнительного сопротивления движению, появляющегося в результате колебания машины.

Эта потеря энергии может достигать значительной величины. Экспериментально установлено, что при движении автомобиля по булыжной мостовой со скоростью от 20 до 40 км/ч сопротивление движению на 38 % выше, чем на ровной дороге [2]. Соответственно возрастают и энергозатраты на передвижение машины. Для гусеничного трактора КПД η_f , характеризующий затраты энергии на передвижение по неровной дороге, снижается на 10...13 % [5.]

До настоящего времени исследованиям дополнительных потерь энергии, вызванных движением машины по неровной дороге, уделялось недостаточное внимание. Совсем не проводились такие исследования для гусеничных лесных машин. Не рассматривалось дополнительное сопротивление движению, вызывающее энергопотери, и факторы, на него влияющие. В связи с этим, важно изучить процесс появления сил, вызывающих дополнительные затраты энергии при движении трактора по неровной дороге, оценить степень влияния на них условий движения и параметров машины, найти пути уменьшения потерь энергии.

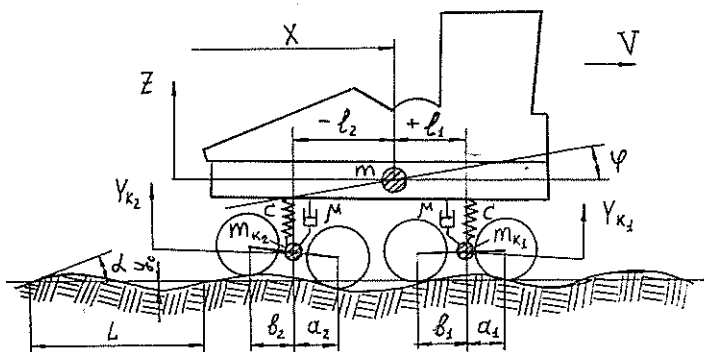
В настоящей работе выполнен теоретический анализ процесса формирования переменного сопротивления движению по дороге с неровностями для гусеничной лесной машины, имеющей упруго-балансируемую подвеску, и установлена природа дополнительной силы, вызывающей потерю энергии.

Поставленную задачу решаем с учетом влияния переменного уклона микропрофиля пути. В ряде работ по исследованию сопротивления движению влиянием уклона пренебрегали [6] или принимали допущение, что уклон $\operatorname{tg} \alpha \approx \sin \alpha \approx \alpha$ [1] (где α — переменный угол наклона профиля неровности).

Эти упрощения приводят к искажению аналитического описания процесса формирования переменного сопротивления движению, что не позволяет определить дополнительную силу, вызывающую энергопотери.

Для исследования используем динамическую модель, эквивалентную лесному гусеничному трактору ТДТ-55А. Профиль неровностей дороги, по которой осуществляется движение, изменяется по закону $y = y_0 \sin \omega t$. В этой зависимости: y — текущее значение высоты неровности; y_0 — половина высоты неровности; ω — частота; t — время.

В работе приняты следующие допущения: система поддрессоривания — симметричная линейной характеристике; влияние гусениц и трансмиссии не учитываем; сила сопротивления подвески, возникающая при перемещении каретки относительно корпуса трактора, пропорциональна скорости этого перемещения; упруго-демпфирующие свойства передней и задней подвесок одинаковы; скорость V движения трактора



Расчетная схема, эквивалентная системе гусеничный трактор — дорога.

постоянна; масса каретки m_{kj} сосредоточена в точке крепления балансира к рычагу; коэффициент сопротивления качению f не изменяется; буксование отсутствует.

В целях упрощения последующего анализа приведем заблокированную подвеску трактора ТДТ-55А к индивидуальной. Для этого сложим вертикальные перемещения катков $y_i = y_0 \sin(\omega t + 2\pi \frac{\Delta l_i}{L})$ и найдем перемещение каретки в точке опоры рессоры.

Для передней каретки это перемещение

$$Y_{k1} = y_0 \lambda_{k1} \sin(\omega t + \gamma_1), \quad (1)$$

где λ_{k1} — коэффициент влияния размеров каретки;

γ_1 — фазовый угол сдвига функции Y_{k1} относительно $\sin \omega t$.

Значения λ_{k1} и γ_1 могут быть определены из следующих выражений:

$$\operatorname{tg} \gamma_1 = \frac{\beta_1 \sin 2\pi \frac{\Delta l_1}{L} + \beta_2 \sin 2\pi \frac{\Delta l_2}{L}}{\beta_1 \cos 2\pi \frac{\Delta l_1}{L} + \beta_2 \cos 2\pi \frac{\Delta l_2}{L}}; \quad (2)$$

$$\lambda_{k1} = \sqrt{\beta_1^2 + \beta_2^2 + 2\beta_1\beta_2 \cos 2\pi \frac{a_1 + b_1}{L}}, \quad (3)$$

где

$$\Delta l_1 = l_1 + a_1; \quad \Delta l_2 = l_1 - b_1;$$

$$\beta_1 = \frac{b_1}{a_1 + b_1}; \quad \beta_2 = \frac{a_1}{a_1 + b_1}.$$

Смысл геометрических величин y_0 , l_1 , a_1 , b_1 и L понятен из рисунка. Значение λ_{k2} и γ_2 для задней каретки определяется аналогичным образом. Для трактора ТДТ-55А коэффициент $\lambda_{k1} = \lambda_{k2}$.

При движении трактора по неровной дороге уравнение тягового баланса с учетом влияния переменного уклона неровностей имеет следующий вид [3]:

$$P_k = \sum_{j=1}^2 [(G_{стj} + P_{инj} + P_{нj})(f + \operatorname{tg} \alpha_{kj})], \quad (4)$$

где

P_k — касательная сила тяги;
 $G_{стj}$ — статическая нагрузка на дорогу под j -той кареткой;

- $P_{инj}$ — инерционная сила j -той каретки;
 $P_{пj}$ — динамическая сила в подвеске j -той каретки, вызванная деформацией рессоры и сопротивлением подвески;
 f — коэффициент сопротивления качению;
 $\text{tg } \alpha_{kj}$ — переменный уклон условного микропрофиля пути, полученного после приведения блокированной подвески к индивидуальной.

Правая часть уравнения (4) представляет собой полное сопротивление движению трактора. В формировании этой силы участвуют шесть составляющих сопротивления движению, появление которых вызвано различными причинами.

Рассмотрим подробнее величины, входящие в выражение (4).

Инерционные и динамические силы можно определить из уравнений

$$P_{инj} = 2m_{kj} \ddot{Y}_{kj} = -2m_{kj} \omega^2 \lambda_{kj} y_0 \sin(\omega t + \gamma_j); \quad (5)$$

$$P_{пj} = 2cf_j + 2\mu f_j, \quad (6)$$

где c и μ — приведенные жесткость и коэффициент сопротивления подвески.

В уравнении (6) дополнительная деформация рессоры, вызванная колебанием корпуса трактора при движении по неровностям, определяется зависимостью:

$$f_j = Y_{kj} - Z - \varphi l_j, \quad (7)$$

где Z — вертикальное перемещение центра тяжести корпуса трактора;

φ — угловое перемещение корпуса трактора;

l_j — расстояние от центра тяжести корпуса до j -той упругой опоры.

Для определения скорости относительного перемещения каретки в точке крепления рессоры и корпуса трактора возьмем производную от f_j

$$\dot{f}_j = \dot{Y}_{kj} - \dot{Z} - \dot{\varphi} l_j. \quad (8)$$

Вертикальное и угловое перемещения корпуса Z и φ находим при решении системы дифференциальных уравнений вынужденных колебаний корпуса трактора [4].

Частные решения этой системы уравнений имеют следующий вид:

$$Z = M_z \cos \omega t + N_z \sin \omega t; \quad (9)$$

$$\varphi = M_\varphi \cos \omega t + N_\varphi \sin \omega t.$$

Формулы для определения коэффициентов N_z , M_z , N_φ , M_φ приведены в работе [4].

После подстановки и преобразований получим выражение динамической силы в подвеске j -той каретки в иной форме

$$P_{пj} = 2y_0 \lambda_{kj} (S_j \sin \omega t + D_j \cos \omega t), \quad (10)$$

где

$$D_j = cB_j + \mu \omega A_j; \quad S_j = cA_j - \mu \omega B_j;$$

$$A_j = \cos \gamma_j - 0,5 l_j \sum_1^2 l_j \sin \gamma_j N'_\varphi - 0,5 \sum_1^2 \cos \gamma_j N'_z;$$

$$B_j = \sin \gamma_j - 0,5 l_j \sum_1^2 l_j \sin \gamma_j M'_\varphi - 0,5 \sum_1^2 \cos \gamma_j M'_z; \quad (11)$$

$$M'_z = \frac{-2b_z \omega^3}{(k_z^2 - \omega^2)^2 + 4b_z^2 \omega^2}; \quad N'_z = \frac{(k_z^2 - \omega^2)k_z^2 + 4b_z^2 \omega^2}{(k_z^2 - \omega^2)^2 + 4b_z^2 \omega^2};$$

$$M'_\varphi = \frac{(k_\varphi^2 - \omega^2)k_\varphi^2 + 4b_\varphi^2 \omega^2}{(k_\varphi^2 - \omega^2)^2 + 4b_\varphi^2 \omega^2}; \quad N'_\varphi = \frac{2b_\varphi \omega^3}{(k_\varphi^2 - \omega^2)^2 + 4b_\varphi^2 \omega^2}.$$

Формулы для нахождения $2b_z$, k_z^2 , $2b_\varphi$ и k_φ^2 приведены в работе [4].

Как уже отмечалось, большое влияние на формирование сопротивления движению оказывает переменный уклон микропрофиля пути. Функцию $\text{tg } \alpha_{kj}$, которая определяет уклон условной неровности под j -той кареткой, удобнее всего выразить следующей зависимостью:

$$\text{tg } \alpha_{kj} = \frac{\partial Y_{kj}}{\partial X} = \frac{\dot{Y}_{kj}}{V} = y_0 \frac{2\pi}{L} \lambda_{kj} \cos(\omega t + \gamma_j). \quad (12)$$

Данная формула позволяет представить $\text{tg } \alpha_{kj}$ в виде периодически изменяющейся величины. Такой подход дает возможность провести поэлементный анализ уравнения (4). Подставив в него выражения для $P_{\text{ин}j}$ (5), $P_{\text{п}j}$ (10) и $\text{tg } \alpha_{kj}$ (12) и проделав тригонометрические преобразования, окончательно получим уравнение тягового баланса в следующей форме:

$$P_k = G_{\text{тр}} f + K_0 \sin(\omega t + \xi) + T_0 \sin(2\omega t + \delta) + \Delta P. \quad (13)$$

Уравнение (13) раскрывает структуру полного сопротивления движению гусеничного трактора по неровной дороге. В этом уравнении:

$G_{\text{тр}} f = P_f$ — сопротивление качению трактора по ровной дороге;

$K_0 \sin(\omega t + \xi)$ — переменная составляющая сопротивления движению, изменяющаяся с частотой вынужденных колебаний трактора;

$T_0 \sin(2\omega t + \delta)$ — переменная составляющая сопротивления движению, изменяющаяся с частотой, равной удвоенной частоте вынужденных колебаний трактора;

ΔP — дополнительное сопротивление движению.

Попутно отметим: переменные составляющие сопротивления движению, изменяющиеся с амплитудами T_0 и K_0 , вызывают в трансмиссии трактора колебания и могут быть использованы для расчетов ее динамической нагруженности. В связи с ограниченным объемом статьи формулы для определения T_0 , K_0 , ξ и δ не приведены.

Дополнительное сопротивление движению определяет выражение

$$\Delta P = 2\pi \frac{y_0^2}{L} \lambda_{kj}^2 \left(\sum_{j=1}^2 D_j \cos \gamma_j - \sum_{j=1}^2 S_j \sin \gamma_j \right), \quad (14)$$

полученное в результате преобразования суммы произведений $\sum_{j=1}^2 P_{\text{п}j} \text{tg } \alpha_{kj}$ в уравнении (4).

Эта сила представляет собой постоянную часть горизонтальной реакции неровностей дороги от действия динамических сил $P_{\text{п}j}$ в подвеске трактора.

Работа сил, входящих в уравнение (13), совершаемая за один период колебаний на длине L одной волны неровностей, равна:

$$A = \int_0^L P_k dx = \int_0^L G_{\text{тр}} f dx + \int_0^L K_0 \sin(\omega t + \xi) dx +$$

$$+ \int_0^L T_0 \sin(2\omega t + \delta) dx + \int_0^L \Delta P dx, \quad (15)$$

где $\omega t = \frac{2\pi V}{L} t = \frac{2\pi}{L} x$;

$x = Vt$ — длина пути.

Принтегрировав это выражение, легко убедиться, что работа гармонически изменяющихся составляющих сопротивления движению трактора по неровной дороге равна нулю, тогда:

$$A = P_k L = G_{\text{тр}} f L + \Delta P L. \quad (16)$$

Поскольку совершаемую работу в единицу времени определяет мощность, окончательно можно записать:

$$N_k = G_{\text{тр}} f V + \Delta P V = N_f + \Delta N, \quad (17)$$

где N_k — мощность, подводимая к движителю;
 $G_{\text{тр}} f V = N_f$ — мощность, затрачиваемая на преодоление сопротивления качению трактора по ровной дороге;
 $\Delta P V = \Delta N$ — мощность, затрачиваемая на преодоление сопротивления движению от неровностей дороги.

Энергопотери могут быть также выражены в виде добавочного коэффициента сопротивления движению от неровностей дороги

$$f_d = \frac{\Delta P}{G_{\text{тр}}}. \quad (18)$$

Тогда полные энергозатраты на движение трактора по неровной дороге определяются коэффициентом

$$f_n = f + f_d. \quad (19)$$

Таким образом, в результате теоретического исследования получены аналитические зависимости, позволяющие определить дополнительный расход энергии при движении лесного трактора по неровной дороге для любых условий движения и параметров его динамической системы.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Андрийчук А. Ф. Исследование влияния неровностей дороги на формирование сопротивления движению лесовозного автопоезда: Дис. ... канд. техн. наук.— Львов, 1977.— 142 с. [2]. Беккер М. Г. Введение в теорию систем местность — машина/ Пер. с англ.— М.: Машиностроение, 1973.— 520 с. [3]. Дмитриев А. А. Теория и расчет нелинейных систем поддресоривания гусеничных машин.— М.: Машиностроение, 1976.— 206 с. [4]. Забавников Н. А. Основы теории транспортных гусеничных машин.— М.: Машиностроение, 1975.— 448 с. [5]. Ковалев Ю. Л. Некоторые вопросы динамики трелевочного трактора ТДТ-60: Дис. ... канд. техн. наук.— Свердловск, 1967.— 128 с. [6]. Костокрыз С. Г. Некоторые вопросы исследования колебаний трелевочного трактора ТДТ-55: Дис. ... канд. техн. наук.— Минск, 1969.— 158 с.

Поступила 24 января 1985 г.

УДК 625.142.212.001.24

УЗКОКОЛЕЙНАЯ ШПАЛА НА УПРУГОМ ПОЛУПРОСТРАНСТВЕ

Н. Н. БУТОРИН, А. П. ЕЛИСЕЕВ

Архангельский лесотехнический институт

Применяемый ныне способ расчета железнодорожных шпал основан на гипотезе постели, согласно которой осадка шпалы в каждой точке пропорциональна интенсивности давления шпалы на основание в

этой точке. Эта гипотеза не подтверждается экспериментами и поэтому подвергается серьезной критике [3, 5].

В результате большого числа циклов нагружения шпалы при проходе поездов способность грунта основания к развитию остаточных деформаций сокращается и по своим механическим свойствам грунт в пределах упрочения приближается к упругому полупространству [5]. Расчет шпалы как балки, лежащей на упругом полупространстве, может дать существенное уточнение по сравнению с гипотезой постели.

Принимаем, что шпала нагружена двумя одинаковыми симметрично расположенными сосредоточенными силами P , передаваемыми от рельсов и лежит на поверхности упругого полупространства в системе координат ξ, θ, η , которое характеризуется модулем упругости E_0 и коэффициентом Пуассона μ . Трением между шпалой и основанием пренебрегаем. Осадка поверхности упругого полупространства в точке с координатами x, y под действием интенсивности давления q описывается равенством [2]

$$z(x, y) = \frac{1 - \mu^2}{\pi E_0} \iint_F \frac{q(\xi, \eta) d\xi d\eta}{\sqrt{(x - \xi)^2 + (y - \eta)^2}}. \quad (1)$$

Двойной интеграл вычисляется по площади нижней поверхности шпалы F . Допустим, что интенсивность давления шпалы не изменяется в направлении, перпендикулярном продольной оси шпалы. Тогда

$$q(\xi, \eta) = q(\eta),$$

т. е. шпалу можно рассчитывать как балку на поперечный изгиб, а равенство (1) написать в виде:

$$z(x, y) = \frac{1 - \mu^2}{\pi E_0} \int_F \frac{q(\eta) d\xi d\eta}{\sqrt{(x - \xi)^2 + (y - \eta)^2}}. \quad (2)$$

Дифференциальное уравнение изгиба балки на упругом основании имеет вид

$$EI \frac{d^4 W}{dy^4} + q(y) = 0. \quad (3)$$

Здесь EI — жесткость шпалы при изгибе;
 W — прогиб продольной оси шпалы.

Если в некотором интервале значений y интенсивность давления $q(y) < 0$, то $W = z$. В противном случае считаем, что $q(y) = 0$ и $W \neq z$, т. е. шпала на соответствующем участке отрывается от поверхности упругого полупространства.

При симметричности внешней нагрузки условия статического равновесия шпаль

$$b \int_0^{a/2} q(y) dy = P, \quad (4)$$

где b — ширина нижнего основания шпалы;
 a — длина шпалы.

Начало координат располагаем в точке пересечения осей симметрии основания шпалы.

Сечениями, перпендикулярными продольной оси шпалы, разбиваем ее основание на одинаковые клетки размером $b \times h$, где h — шаг разбиения. Полагая, что интенсивность давления q в пределах одной клетки изменяется незначительно, считаем для каждой клетки $q = \text{const}$. Если заменить в каждой клетке интенсивность давления сосредоточенной силой R_j , приложенной в центре клетки, т. е. $q_i = R_j/bh$, где j — порядковый

номер клетки, считая от начала координат, и определять осадку в точках приложения усилий R_j , уравнение (2) можно представить в виде:

$$z_i = \frac{1-\mu_2}{\pi E_0 b h} \sum_{j=1}^N B_{i,j} R_j, \quad (5)$$

где N — число клеток на половине шпалы.

$$B_{i,j} = D_{j-i+1} + D_{i+j}$$

(два слагаемых учитывают две половины шпалы);

$$D_k = \iint \frac{d\xi d\eta}{\sqrt{\xi^2 + (h(k-1/2) - \eta)^2}}, \quad k = 1, 2, \dots, 2N. \quad (6)$$

Двойной интеграл берется по площади k -той клетки. Его можно вычислить, например, используя прием, показанный Н. И. Безуховым [1]:

$$D_1 = 2b \left(\ln(S + \sqrt{1+S^2}) + S \ln \frac{1 + \sqrt{1+S^2}}{S} \right),$$

где $S = h/b$;

$$D_k = b \left(\ln(m + \sqrt{1+m^2}) + m \ln \frac{1 + \sqrt{1+m^2}}{m} \right) - \\ - b \left(\ln(n + \sqrt{1+n^2}) + n \ln \frac{1 + \sqrt{1+n^2}}{n} \right), \quad (k = 2, 3, \dots, 2N),$$

где $m = \frac{2h}{b} \left(k - \frac{1}{2} \right)$; $n = \frac{2h}{b} \left(k + \frac{1}{2} \right)$.

Прогиб шпалы как балки в точках приложения сил рассчитываем методом начальных параметров [4]

$$W_i = W_0 + \frac{h^3}{EI} \left(\left(P \left(\frac{l}{h} + \frac{1}{2} \right) - \sum_{j=1}^N P_j j \right) \left(i - \frac{1}{2} \right)^2 \cdot \frac{1}{2} - \right. \\ \left. - \frac{1}{6} \sum_{j=1}^{i-1} R_j (i-j)^3 + \frac{P}{6} \left(i - \frac{l}{h} - \frac{1}{2} \right)^3 \right), \quad (7)$$

где l — расстояние от начала координат до точки приложения силы P .

Последнее слагаемое в уравнении (7) не учитываем, если $i < \frac{l}{h} + \frac{1}{2}$.

Приравнивая осадку основания (5) и прогиб шпалы (7) ($z_i = W_i$) получаем N линейных алгебраических уравнений. Из равенства (4)

$$\sum_{j=1}^N R_j = P.$$

Теперь система уравнений $N+1$ порядка имеет неизвестными N реакций основания и осадку основания W_0 в начале координат, т. е. в центре шпалы. Система имеет плохую обусловленность. При решении ее на ЭВМ можно использовать метод исключения Гаусса, но все вычисления вести с удвоенной точностью. При этом точность результатов решения получается вполне хорошей.

Если при решении этой системы оказывается, что в некоторых точках в конце шпалы $R_j < 0$, т. е. шпала в этих точках отрывается от основания, следует принять эти реакции равными нулю, убрать уравнения, соответствующие точкам, в которых $Z_i \neq W_i$, и повторить решение.

На рис. 1 представлены результаты решения задачи на ЭВМ для шпалы, нагруженной двумя сосредоточенными силами $P = 20$ кН, с ши-

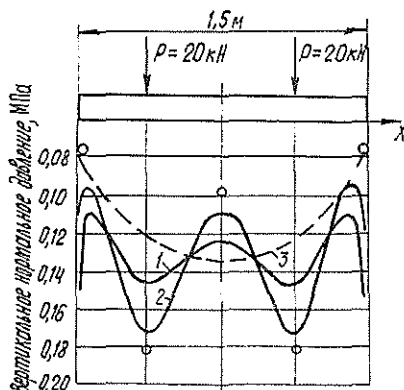


Рис. 1. Эпюры средних напряжений под шпалой.

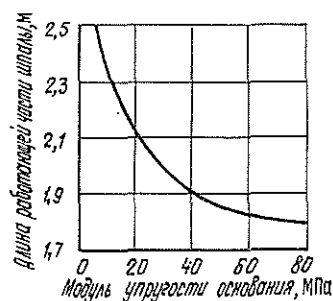


Рис. 2. Расчетная зависимость длины работающей части шпалы от модуля упругости основания.

риной нижнего основания $b = 0,2$ м и жесткостью при изгибе $EI = 0,364$ МН · м². Модуль упругости основания E_0 равен 75 МПа (кривая 1) и 175 МПа (кривая 2). Сплошная линия показывает интенсивность давления по длине шпалы, полученную решением. Для сравнения штриховой линией (кривая 3) дан результат расчета по методу постели.

Точками показаны экспериментальные данные, полученные кафедрой сухопутного транспорта леса АЛТИ на Конецгорской УЖД Архангельской области. В подошве опытной шпалы закрепляли месдозы. Шпалу укладывали на тщательно выровненное и уплотненное основание. Давление под шпалой при нагрузке измеряли после цикла предварительных нагрузок. Как видим, расчет шпалы как балки, лежащей на упругом полупространстве, существенно лучше подтверждается опытом, чем расчет по гипотезе постели.

Изложенный метод расчета был использован для определения оптимальной длины шпалы для узкоколейных железных дорог. Принимаем, что увеличение длины шпалы облегчает ее напряженное состояние, уменьшает давление, передаваемое ею на балласт, при этом увеличивается срок службы шпалы и межремонтные периоды, что способствует уменьшению расходов на содержание пути. Тогда оптимальной длиной шпалы следует считать наибольшую ее длину, при которой концы шпалы еще не отрываются от основания при максимальной нагрузке.

На рис. 2 показана рассчитанная зависимость оптимальной длины шпалы типа II с шириной основания 0,21 м и жесткостью 0,256 МН · м² от модуля упругости основания при нагрузке от рельса 1 кН.

Предлагаемый метод расчета может служить основой для дальнейших исследований работы железнодорожных шпал в пути, а также для разработки алгоритма расчета всего рельсового пути, лежащего на поверхности упругого полупространства.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Безухов Н. И. Теория упругости и пластичности.— М.: Гостехиздат, 1953.— 420 с. [2]. Галин Л. А. Контактные задачи теории упругости.— М.: Гостехиздат, 1953.— 264 с. [3]. Горбунов-Посадов М. И., Маликова Т. А., Соломин В. И. Расчет конструкций на упругом основании.— М.: Стройиздат, 1984.— 680 с. [4]. Микеладзе Ш. И. Некоторые задачи строительной механики.— М.; Л.: Гостехиздат, 1948.— 268 с. [5]. Черкасов И. И. Механические свойства грунтовых оснований.— М.: Автотрансиздат, 1958.— 156 с.

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ
И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

УДК 533.6.011 : 536.244.45

РАСЧЕТ КОМПОНЕНТ СКОРОСТИ И ДАВЛЕНИЯ ПОТОКА
В ЦИКЛОННОЙ КОЛЬЦЕВОЙ КАМЕРЕ

Э. Н. САБУРОВ, С. И. ОСТАШЕВ

Архангельский лесотехнический институт

В работах [4, 5] рассмотрены общие вопросы аэродинамики циклонных камер кольцевого сечения. Результаты выполненного анализа позволяют перейти к решению задачи о расчете распределений составляющих скорости и давления в их сложном пространственном потоке. Ограничим расчетную зону пределами осесимметричного ядра потока [3]. В соответствии с результатами экспериментальных исследований [3—5] будем считать, что тангенциальная составляющая скорости намного превосходит радиальную и осевую компоненты, изменение характеристик потока по радиусу намного значительнее их изменения по длине, течение автомодельно и носит ярко выраженный турбулентный характер.

Для решения задачи используем представление о течении в расчетной зоне как о вращающейся турбулентной струе, пограничный слой которой обращен к внутренней цилиндрической поверхности камеры. В соответствии с ранее отмеченными особенностями потока исходную систему уравнений турбулентного пограничного слоя запишем следующим образом [1]:

$$v_r \frac{\partial v_\varphi}{\partial r} + v_r \frac{v_\varphi}{r} = - \frac{\partial}{\partial r} (v'_r v'_\varphi) - 2 \frac{v'_r v'_\varphi}{r}; \quad (1)$$

$$\rho \frac{v_\varphi^2}{r} = \frac{\partial P_c}{\partial r} - \rho \frac{(v'_\varphi)^2}{r}; \quad (2)$$

$$\frac{\partial v_z}{\partial z} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (v_r r) = 0. \quad (3)$$

В формулах (1) ... (3) обозначено:

- v_φ, v_r, v_z — осредненные тангенциальная, радиальная, аксиальная компоненты полной скорости;
- $v'_r, v'_\varphi, (v'_\varphi)^2$ — компоненты тензора турбулентных напряжений (знак осреднения опущен);
- φ, r, z — цилиндрические координаты;
- P_c — осредненное статическое давление;
- ρ — плотность потока.

Для определения турбулентных напряжений, входящих в исходную систему уравнений (1) ... (3), воспользуемся гипотезой Прандтля о возможном обобщении теории, основанной на понятии длины пути перемещения, на трехмерные поля как осредненных, так и пульсационных скоростей [6]. В соответствии с этой гипотезой для случая, когда одна из составляющих тензора скоростей деформаций значительно превосходит другие (в рассматриваемой задаче такое условие выполняется, так как составляющая $\partial v_\varphi / \partial r - v_\varphi / r$ значительно больше других), компоненты тензора турбулентных напряжений определяются следующими ра-

венствами [6] (при записи в соответствии с условиями задачи учтена осевая симметрия течения относительно оси циклонной камеры):

$$\begin{aligned} -\rho (v'_r)^2 &= 2\rho l^2 I \left(\frac{\partial v_r}{\partial r} \right); & -\rho (v'_\varphi)^2 &= 2\rho l^2 I \left(\frac{v_r}{r} \right); \\ -\rho (v'_z)^2 &= 2\rho l^2 I \left(\frac{\partial v_z}{\partial z} \right); & -\rho v'_r v'_\varphi &= \rho l^2 I \left(\frac{\partial v_\varphi}{\partial r} - \frac{v_\varphi}{r} \right); \\ -\rho v'_r v'_z &= \rho l^2 I \left(\frac{\partial v_r}{\partial z} + \frac{\partial v_z}{\partial r} \right); & -\rho v'_\varphi v'_z &= \rho l^2 I \left(\frac{\partial v_\varphi}{\partial z} \right), \end{aligned} \quad (4)$$

где I — корень квадратный из квадратичного инварианта тензора скоростей деформаций;

$$\begin{aligned} I^2 &= 2 \left\{ \left(\frac{\partial v_z}{\partial z} \right)^2 + \left(\frac{\partial v_r}{\partial r} \right)^2 + \left(\frac{v_r}{r} \right)^2 \right\} + \left(\frac{\partial v_\varphi}{\partial r} - \frac{v_\varphi}{r} \right)^2 + \\ &+ \left(\frac{\partial v_\varphi}{\partial z} \right)^2 + \left(\frac{\partial v_z}{\partial r} + \frac{\partial v_r}{\partial z} \right)^2. \end{aligned} \quad (5)$$

Здесь l — длина пути перемешивания.

В соответствии с принятыми условиями соотношение (5) можно представить следующим образом:

$$I = \left| \frac{\partial v_\varphi}{\partial r} - \frac{v_\varphi}{r} \right|. \quad (6)$$

Тогда наибольшую компоненту тензора турбулентных напряжений $-\rho v'_r v'_\varphi$ можно записать так:

$$-\rho v'_r v'_\varphi = \rho l^2 \left(\frac{\partial v_\varphi}{\partial r} - \frac{v_\varphi}{r} \right)^2. \quad (7)$$

Для определения компоненты $-\rho v_\varphi'^2$ используем уравнение (2), из которого предварительно найдем $-\rho v_\varphi'^2$ как функцию v'_r , v'_φ , v_φ и r , а затем уравнения (4) ... (7). Окончательно

$$\begin{aligned} -\rho (v'_\varphi)^2 &= 2\rho l^2 \frac{\frac{\partial v_\varphi}{\partial r} - \frac{v_\varphi}{r}}{r \left(\frac{\partial v_\varphi}{\partial r} + \frac{v_\varphi}{r} \right)} \left[\frac{\partial}{\partial r} l^2 \left(\frac{\partial v_\varphi}{\partial r} - \frac{v_\varphi}{r} \right)^2 + \right. \\ &\left. + \frac{2l^2}{r} \left(\frac{\partial v_\varphi}{\partial r} - \frac{v_\varphi}{r} \right)^2 \right]. \end{aligned} \quad (8)$$

Полагаем, что длина пути перемешивания

$$l = \alpha r, \quad (9)$$

где α — коэффициент, характеризующий турбулентную структуру циклонного потока.

Подставляя (7) ... (9) в систему (1) ... (3), после преобразований представим ее следующим образом:

$$v_r \frac{\partial v_\varphi}{\partial r} + v_r \frac{v_\varphi}{r} = \frac{\partial}{\partial r} \left[\alpha^2 r^2 \left(\frac{\partial v_\varphi}{\partial r} - \frac{v_\varphi}{r} \right)^2 \right] + 2\alpha^2 r \left(\frac{\partial v_\varphi}{\partial r} - \frac{v_\varphi}{r} \right)^2; \quad (10)$$

$$\begin{aligned} \frac{v_\varphi^2}{r} &= \frac{1}{\rho} \frac{\partial P_c}{\partial r} + \frac{2\alpha^2 \left(\frac{\partial v_\varphi}{\partial r} - \frac{v_\varphi}{r} \right)}{\frac{\partial v_\varphi}{\partial r} + \frac{v_\varphi}{r}} \left\{ \frac{\partial}{\partial r} \left[\alpha^2 r^2 \left(\frac{\partial v_\varphi}{\partial r} - \frac{v_\varphi}{r} \right)^2 \right] + \right. \\ &\left. + 2\alpha^2 r \left(\frac{\partial v_\varphi}{\partial r} - \frac{v_\varphi}{r} \right)^2 \right\}; \end{aligned} \quad (11)$$

$$\frac{\partial v_z}{\partial z} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (v_r r) = 0. \quad (12)$$

Запишем уравнения (10) ... (12) в безразмерном виде. В качестве масштабной величины для компонент скорости потока примем максимальное значение тангенциальной скорости $v_{\varphi m}$, а для координат введем безразмерные переменные $\eta = (r - r_b)/(r_{\varphi m} - r_b)$, $\xi = z/r_{\varphi m} - r_b$, где r , r_b , $r_{\varphi m}$ — радиусы: текущий, внутренней теплообменной поверхности и соответствующий $v_{\varphi m}$.

$$v \frac{\partial w}{\partial \eta} + v \frac{w}{\eta + b} = \frac{\partial}{\partial \eta} \left\{ \alpha^2 \left[(\eta + b) \frac{\partial w}{\partial \eta} - w \right]^2 \right\} + \frac{2\alpha^2}{\eta + b} \left[(\eta + b) \frac{\partial w}{\partial \eta} - w \right]^2; \quad (13)$$

$$\frac{w^2}{\eta + b} = \frac{1}{2} \frac{\partial P}{\partial \eta} + \frac{2\alpha^2 \left[(\eta + b) \frac{\partial w}{\partial \eta} - w \right]}{\left[(\eta + b) \frac{\partial w}{\partial \eta} + w \right]} \left\{ \frac{\partial}{\partial \eta} \alpha^2 \left[(\eta + b) \frac{\partial w}{\partial \eta} - w \right]^2 + \frac{2\alpha^2}{\eta + b} \left[(\eta + b) \frac{\partial w}{\partial \eta} - w \right]^2 \right\}; \quad (14)$$

$$\frac{\partial u}{\partial \xi} + \frac{v}{\eta + b} + \frac{\partial v}{\partial \eta} = 0, \quad (15)$$

где $w = v_\varphi/v_{\varphi m}$; $u = v_z/v_{\varphi m}$; $v = v_r/v_{\varphi m}$; $P = 2P_c/\rho v_{\varphi m}$.

Решая уравнения (13) ... (15) относительно v , u , P при условии $\alpha = \alpha(\eta, b, n)$ [5], найдем их распределения по радиусу камеры:

$$v = 2\alpha^2 \frac{(\eta + b) \frac{\partial w}{\partial \eta} - w}{(\eta + b) \frac{\partial w}{\partial \eta} + w} \left[(\eta + b)^2 \frac{\partial^2 w}{\partial \eta^2} + (1 + \Phi_1) \frac{(\eta + b) \frac{\partial w}{\partial \eta} - w}{\partial \eta} - (1 + \Phi_1) w \right]; \quad (16)$$

$$u = -2\alpha^2 \xi \frac{(\eta + b) \frac{\partial w}{\partial \eta} - w}{(\eta + b) \frac{\partial w}{\partial \eta} + w} \left\{ \left[(\eta + b)^2 \frac{\partial^2 w}{\partial \eta^2} + (1 + \Phi_1) \frac{(\eta + b) \frac{\partial w}{\partial \eta} - w}{\partial \eta} - (1 + \Phi_1) w \right] \left[\frac{1}{\eta + b} + \frac{(\eta + b) \frac{\partial^2 w}{\partial \eta^2}}{(\eta + b) \frac{\partial w}{\partial \eta} - w} - \frac{(\eta + b) \frac{\partial^2 w}{\partial \eta^2} + 2 \frac{\partial w}{\partial \eta}}{(\eta + b) \frac{\partial w}{\partial \eta} + w} \right] + (\eta + b)^2 \frac{\partial^3 w}{\partial \eta^3} + 3(\eta + b)(1 + \Phi_1) \frac{\partial^2 w}{\partial \eta^2} + \Phi_2 \left[(\eta + b) \frac{\partial w}{\partial \eta} - w \right] \right\} + C(\xi); \quad (17)$$

$$P = 2 \int \frac{w^2}{\eta + b} d\eta - 8 \int \frac{\alpha^4 \left[(\eta + b) \frac{\partial w}{\partial \eta} - w \right]^2}{(\eta + b) \left[(\eta + b) \frac{\partial w}{\partial \eta} + w \right]} \left\{ (\eta + b)^2 \frac{\partial^2 w}{\partial \eta^2} + (1 + \Phi_1) \frac{(\eta + b) \frac{\partial w}{\partial \eta} - w}{\partial \eta} - (1 + \Phi_1) w \right\} d\eta + C(\eta). \quad (18)$$

Здесь $\Phi_1 = \frac{\eta + b}{2a^2} \frac{\partial a^2}{\partial \eta}$; $\Phi_2 = \frac{3}{2a^2} \frac{\partial a^2}{\partial \eta} + \frac{\eta + b}{2a^2} \frac{\partial^2 a^2}{\partial \eta^2}$;

$C(\xi)$ и $C(\eta)$ — постоянные интегрирования.

Для расчета распределений v , u , P необходимо предварительно определить w и α^2 . Распределение w в кольцевых циклонных камерах [4] может быть аппроксимировано известной зависимостью

$$w = \left(\frac{2\eta}{1 + \eta^2} \right)^n, \quad (19)$$

где n — показатель — постоянная для данной камеры величина, определяемая по методике [3].

Для нахождения α^2 используем рекомендации [5]. Тогда формулы (16) ... (18) окончательно можно представить в следующем расчетном виде:

$$v = B \left(\frac{2\eta}{1 + \eta^2} \right)^n \frac{[2n(\eta_{rm} - \eta)(1 - \eta^2) - \eta(1 + \eta^2)](b + \eta_{jm})^2}{(\eta + b)(\eta_{rm} - \eta_{jm})[n(\eta + b)(1 - \eta^2) + \eta(1 + \eta^2)]}; \quad (20)$$

$$u = -B \left(\frac{2\eta}{1 + \eta^2} \right)^n \frac{(b + \eta_{jm})^2}{(\eta_{rm} - \eta_{jm})(\eta + b)^2} \left\{ 2n(\eta_{rm} - \eta) \times \right. \\ \times \frac{(1 - \eta^2)[n(\eta + b)(1 - \eta^2) - \eta(1 + \eta^2)]}{(1 + \eta^2)[n(\eta + b)(1 - \eta^2) + \eta(1 + \eta^2)]} - \frac{2n(\eta + b)(1 - \eta^2) + \eta(1 + \eta^2)}{n(\eta + b)(1 - \eta^2) + \eta(1 + \eta^2)} + \\ \left. + 2(\eta_{rm} - \eta) \left\{ \frac{(\eta + b)[(n - 1)(1 - \eta^2)^2 + 2\eta^2(\eta^2 - 3)]}{[n(\eta + b)(1 - \eta^2) + \eta(1 + \eta^2)]^2} - \right. \right. \\ \left. \left. - \frac{n(1 - \eta^2)[n(\eta + b)(1 - \eta^2) - \eta(1 + \eta^2)]}{[n(\eta + b)(1 - \eta^2) + \eta(1 + \eta^2)]^2} \right\} + \frac{n(\eta + b)^2 [(n - 1)(1 - \eta^2)^2 + 2\eta^2(\eta^2 - 3)]}{[n(\eta + b)(1 - \eta^2) + \eta(1 + \eta^2)]^2} - \right. \\ \left. - \frac{n(1 - \eta^2)\eta(1 + \eta^2)(\eta + b)}{[n(\eta + b)(1 - \eta^2) + \eta(1 + \eta^2)]^2} - \frac{\eta^2(1 + \eta^2)^2}{[(\eta + b)(1 - \eta^2)n + \eta(1 + \eta^2)]^2} - \right. \\ \left. - \frac{2[n(\eta + b)(1 - \eta^2) - \eta(1 + \eta^2)]}{n(\eta + b)(1 - \eta^2) + \eta(1 + \eta^2)} \right\} \xi + C(\xi); \quad (21)$$

$$P = 2 \int \frac{w^2}{\eta + b} \left\{ 1 - 2B^2 \frac{(b + \eta_{jm})^4 (1 + \eta^2)(\eta_{rm} - \eta)\eta}{(\eta_{rm} - \eta_{jm})^2 (\eta + b)^4 [n(\eta + b)(1 - \eta^2) - \eta(1 + \eta^2)]} \times \right. \\ \left. \times \frac{2(\eta_{rm} - \eta)(1 - \eta^2)n - \eta(1 + \eta^2)}{n(\eta + b)(1 - \eta^2) + \eta(1 + \eta^2)} \right\} d\eta + C(\eta). \quad (22)$$

В этих формулах B — эмпирический коэффициент [5], равный 0,01.

η	Расчетные значения P при $b = 2,0$ и разных n							
	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	2,0	4,0
0,2	0,125	0,09	0,048	0,027	0,015	0,009	0,000	0,000
0,4	0,277	0,224	0,153	0,109	0,081	0,060	0,017	0,005
0,6	0,429	0,368	0,284	0,229	0,190	0,160	0,080	0,047
0,8	0,574	0,511	0,424	0,365	0,322	0,288	0,192	0,144
1,0	0,711	0,648	0,559	0,500	0,457	0,422	0,324	0,274
1,5	1,016	0,951	0,859	0,796	0,749	0,712	0,601	0,538
2,0	1,274	1,202	1,095	1,019	0,959	0,912	0,752	0,653
2,5	1,496	1,410	1,280	1,133	1,106	1,043	0,826	0,695

Постоянную интегрирования $C(\xi)$ в формулах (17) и (21) можно определить из граничного условия: $\xi = 0$; $u = u_0(\eta)$, где $u_0(\eta)$ — функция, соответствующая распределению осевой скорости на торцевой границе ядра потока [2]. Постоянную интегрирования $C(\eta)$ можно найти из граничного условия: при $\eta = \eta_{rm}$ $P = P_{rm}$, где P_{rm} — без-

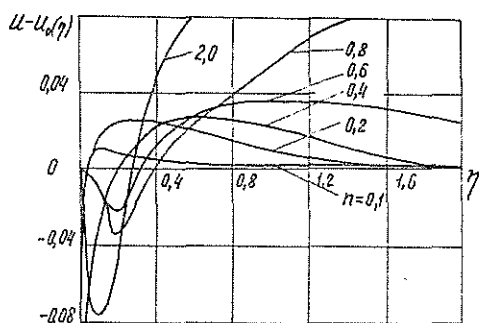


Рис. 1. Распределения $u - u_0(\eta)$ по радиусу ядра потока при различных значениях параметра n ($b = 2,0$).

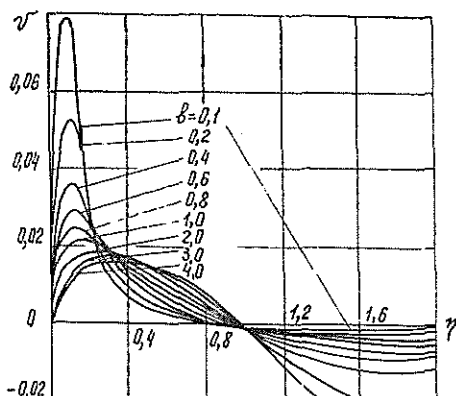


Рис. 2. Распределения радиальной скорости v по радиусу ядра потока при различных значениях параметра b ($n = 0,5$).

размерное избыточное статическое давление на внешней границе ядра потока. Из выражения (7) следует, что v_r' и v_φ' — величины одного порядка, а следовательно, для определения $-\rho v_\varphi'^2$ в первом приближении можно воспользоваться указанной формулой. В этом случае, в соответствии с уравнениями (2) и (20), распределение статического давления в рабочем объеме кольцевого циклона (см. табл.) с достаточной степенью точности определится более простой, чем (22), формулой:

$$P = 2 \int \frac{w^2}{\eta + b} \left[1 - B \left(\frac{b + \eta_{jm}}{b + \eta} \right)^2 \left(\frac{\eta_{rm} - \eta}{\eta_{rm} - \eta_{jm}} \right) \right] d\eta + C(\eta), \quad (23)$$

где $C(\eta)$ находят так же, как и в формуле (22).

На рис. 1 и 2 приведены распределения v , $u - u_0(\eta)$ при различных сочетаниях параметров n и b , наиболее часто встречающихся в инженерной практике.

В соответствии с представленными распределениями и характером изменения зависимости $u - u_0(\eta)$ и функции $u_0(\eta)$ [2] можно предложить следующую расчетную схему движения газа в камере кольцевого сечения. При $b = 2,0$ и $n \approx 0,3$ вблизи внутренней теплообменной поверхности наблюдается сток газов из рабочего объема камеры. С возрастанием n (с удалением максимума v_φ от оси камеры) появляется зона отрицательных значений $u - u_0(\eta)$, затем она увеличивается в радиальных размерах, что соответствует появлению и повышению мощности кольцевого обратного тока. Радиальная скорость равна нулю вблизи максимума v_φ , что совпадает с существующими представлениями о границе зоны нулевого расхода. Увеличение параметра b при $n = \text{const}$ приводит к снижению

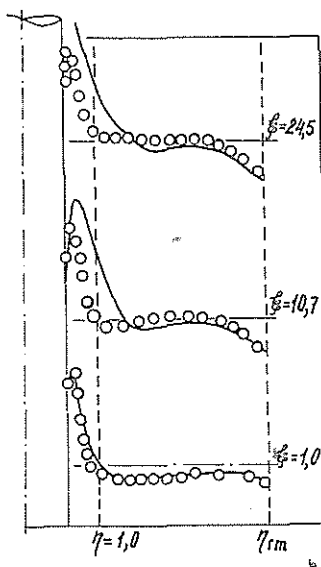


Рис. 3. Сопоставление расчетных (линии) и опытных (кружки) распределений осевой скорости в циклонной камере кольцевого сечения ($n = 0,21$; $b = 4,65$).

интенсивности радиального переноса в приосевой зоне и увеличению его в периферийной. Описанная схема движения потока находится в полном соответствии с наблюдаемой в реальных условиях картиной движения газов (рис. 3). Поэтому расчетные соотношения (20) ... (23) можно рекомендовать для технических расчетов циклонных камер кольцевого сечения.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Вулис Л. А., Устименко Б. П. Об аэродинамике циклонной топочной камеры// Теплоэнергетика.— 1954.— № 9.— С. 3—10. [2]. Деветерикова М. И. Исследование влияния шероховатости внутренних поверхностей и торцевых перетечек на аэродинамику циклонно-вихревых камер: Автореф. дис. ... канд. техн. наук.— Л., 1971.— 21 с. [3]. Сабуров Э. Н. Аэродинамика и конвективный теплообмен в циклонных нагревательных устройствах.— Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1982.— 240 с. [4]. Сабуров Э. Н., Осташев С. И. О расчете распределений тангенциальной скорости в циклонной кольцевой камере// Лесн. журн.— 1985.— № 2.— С. 59—64. (Изв. высш. учеб. заведений). [5]. Сабуров Э. Н., Осташев С. И. Об особенностях турбулентного обмена в циклонных кольцевых камерах// Лесн. журн.— 1986.— № 4.— С. 91—96. (Изв. высш. учеб. заведений). [6]. Современное состояние гидродинамики вязкой несжимаемой жидкости/ Под ред. С. М. Гольдштейна. Т. 1.— М.: ИЛ, 1948.— 378 с.

Поступила 15 ноября 1985 г.

УДК 630*812.71

ПАРАДОКС СОПРОТИВЛЕНИЯ ДРЕВЕСИНЫ ИЗГИБУ

Ю. М. ИВАНОВ

ЦНИИ строительных конструкций

Парадоксом было названо снижение показателя прочности $\sigma_{вр}$ древесины по превышении некоторой скорости машинного испытания, обратное обычному возрастанию прочности материалов с увеличением скорости роста нагрузки [5]. Отклонение ординат $\sigma_{вр}$ вниз от прямой $\lg t (\delta)$, построенной для более медленного нагружения, было обнаружено при испытаниях стандартных образцов древесины (размерами $20 \times 20 \times 300$ мм) на изгиб (рис. 1, а) и подтверждено данными испытаний пиломатериала (размер 50×152 мм, пролет 3,6 м, рис. 1, б), проведенных в Канаде [10], как описано в работе [5].

Для правильной оценки прочности древесины по результатам машинных испытаний следует выяснить механизм парадокса, имеющего следующие особенности: он проявляется по превышении некоторой скорости нагружения и, следовательно, определенной скорости краевой деформации $\epsilon_{кр}$; с увеличением высоты сечения изгибаемого элемента эта скорость снижается; во влажной древесине (влажность $w = 30\%$) скорость, соответствующая проявлению парадокса, выше, чем в воздушно-сухой древесине ($w = 15\%$) [5].

Учитывая эти особенности, можно предполагать, что в крайних сжатых волокнах сечения элемента с переходом напряжения σ_a , действующего в этих волокнах, через предел вынужденной высокоэластичности древесины $\sigma_{вэ}$, т. е. при $\sigma_a > \sigma_{вэ}$ появляются вынужденные высокоэластические деформации $\epsilon_{ввэ}$. При появлении деформаций $\epsilon_{ввэ}$, скорость развития которых $\dot{\epsilon}_{ввэ}$ весьма велика, поскольку экспоненциально растет с напряжением (рис. 2), развитие краевой деформации $\epsilon_{кр}$ не может следовать за ними, так как определяется при законе плоских сечений деформацией упругого ядра на большей части сечения элемента; в результате создается условие релаксации напряжений $\dot{\epsilon}_{кр} < \dot{\epsilon}_{ввэ}$.

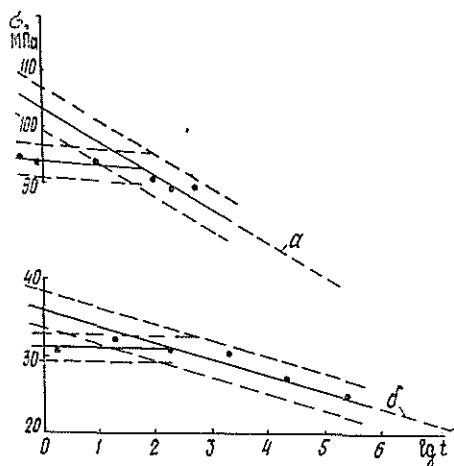


Рис. 1. Результаты испытаний на изгиб с разной скоростью: *a* — стандартных образцов древесины сосны (влажность $w = 15\%$); *b* — пиломатериала тсуги марки 2, $w \approx 8 \dots 13\%$.

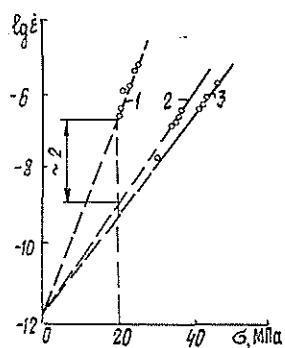


Рис. 2. Определение зависимости \lg скорости деформации ε_{vvz} от напряжения в опытах на сжатие вдоль волокон древесины бука при $\sigma = \text{const}$; $w = 30$ (1), 12 (2) и 8 % (3); $\sim 20,7^\circ\text{C}$.

Под длительной нагрузкой изгибаемые элементы показывают значительное приращение прогибов [7], а следовательно, и краевых деформаций; в этом случае релаксация может получить достаточно полное развитие, т. е. удовлетворяться неравенство $\sigma_a \leq \sigma_{vz}$. Подтверждением служит близкое расположение опытных точек к прямой $\lg t(\sigma)$ длительной прочности древесины при испытаниях на изгиб длительной нагрузкой образцов, имевших разные размеры поперечного сечения. Если же скорость нагружения при машинном испытании сильно растет с соответственным увеличением скорости краевой деформации $\varepsilon_{кр}$, то релаксации напряжений в крайних сжатых волокнах не успевает развиваться, разность $\varepsilon_{vvz} - \varepsilon_{кр}$ уменьшается, что ведет к сокращению времени до разрушения с отклонением точки $\sigma_{вр}$ вниз от прямой $\lg t(\sigma)$ длительной прочности (рис. 1), т. е. к явлению парадокса.

Следовательно, парадокс проявляется при задержке релаксации напряжений в результате стесненного развития деформаций ε_{vvz} . Последние требуют времени для своего развития. Как следствие этого, деформации ε_{vvz} под действием ударной нагрузки вообще не успевают развиваться, происходит только упругое деформирование, и парадокс не обнаруживается. Здесь наблюдается нечто подобное динамическому (механическому) стеклованию полимера, когда высокая скорость силового воздействия переводит его (без понижения температуры) из области высокоэластического деформирования в область вынужденных высокоэластических деформаций ([6], с. 106, 182). Полимерный композит (древесина) с высокоориентированной компонентой — природной целлюлозой — при больших скоростях механического воздействия (удар) переводится из области нелинейных деформаций ε_{vvz} в область линейного упругого деформирования.

С повышением содержания связанной влаги w , %, скорость ε_{vvz} сильно возрастает, например, при увеличении w с 12 до 30 % и том же напряжении повышается более чем на 2 порядка (при $\sigma = 20$ МПа и температуре 293 К, рис. 2 [4]). Поэтому во влажной древесине пара-

Таблица 1
 Отношения $\sigma_{вр}$ воздушно-сухой и $\sigma_{вр}$ свежесрубленной (мокрой) древесины при сжатии и изгибе

Порода	Вид испытания	Влажность древесины, %	Число средних значений $\sigma_{вр}$, n	Среднее значение $\sigma_{вр}$, МПа		Статистические параметры относения $\sigma_{вр}$ в с/с _{вр} мокр			Статистическая оценка разницы $t_{0,05} = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2)}{\sqrt{(S_1^2 + S_2^2)/n}}$	Размер образцов, мм сечение пролет
				$\bar{\sigma}$	$\sigma_{кр}$	\bar{X}	S	v, %		
Сосна (СССР)	Сжатие	10, 9 (10, 22— 11, 71) 30	18	47,6	—	2,27	0,22	9,9	$\frac{20 \times 20}{240}$ (табл. 1, 2 [8])	
	Изгиб	9, 1 (8, 71— 9, 41) 30	17	—	101,8	1,81	0,13	7,1	$7,5 > 3$	
Хвойные и лиственные (СССР)	Сжатие	15 30	33	45,9	—	1,82	0,20	10,8	$\frac{20 \times 20}{240}$ (табл. 3 [1])	
	Изгиб	15 30	33	—	85,5 59,2	1,44	0,10	7,2	$9,8 > 3$	
Хвойные и лиственные (США)	Сжатие	11, 8 (11, 2— 12, 5) 30	77	47,1	—	2,00	0,29	14,3	$\frac{50 \times 50}{712}$ (табл. 21 [11])	
	Изгиб	11, 8 (11, 2— 12, 5) 30	77	—	86,5	1,70	0,19	11,3	$7,36 > 3$	

Примечание. По данным [1] и [11] каждое среднее значение $\sigma_{вр}$ соответствует отдельной породе и получено в результате испытаний большого числа образцов.

докс изгиба должен появляться при более высоких скоростях испытания и с меньшим, чем у воздушно-сухой древесины, отклонением $\sigma_{вр}$ вниз от прямой $\lg t (\sigma)$, что и наблюдается на опыте [5]. В результате отношение $\sigma_{вр}$ воздушно-сухой древесины к $\sigma_{вр}$ такой же свежесрубленной при изгибе должно быть меньше, чем при сжатии вдоль волокон, т. е. это отношение может количественно доказать данное выше объяснение парадокса.

Такое доказательство дают массовые испытания древесины разных пород в СССР и США (см. табл. 1, здесь \bar{X} — математическое ожидание, S — среднее квадратичное отклонение, v — вариационный коэффициент, %), поскольку величина $\lg t$ для этих испытаний (см. табл. 2)

Таблица 2

Сравнение условий испытания стандартных образцов древесины пород СССР и США

Показатель	СССР			США	
	Значение показателя для разных видов испытания				
	Сжатие	Изгиб	Сжатие	Изгиб	Изгиб
Размер образцов	20 × 20 мм высота 30 мм	20 × 20 мм l = 240 мм	50,8 × 50,8 мм высота h = 203 мм	50,8 × 50,8 мм l = 712 мм	50,8 × 50,8 мм l = 712 мм
Число грузов в пролете l	—	2	—	1	1
Скорость испытания	100 МПа · мин ⁻¹	210 МПа · мин ⁻¹	0,61 мм · мин ⁻¹	0,254 мм · мин ⁻¹	0,254 мм · мин ⁻¹
Продолжительность испытания t ₁ , мин	0,4	0,356	2,46	6,5	6,5
Время до разрушения t, с	0,63	0,56	3,87	10,2	10,2
lg t	-0,200	-0,252	0,588	1,01	1,01

Примечание. Определение продолжительности испытания t₁ в работе [9]: 1) сжатие вдоль волокон при ω = 12 %, ср. E ≈ 17 000 МПа, ср. σ_{вр} ≈ 420 МПа; Δ h = 1,5 × 0,495 ≈ 1,5 мм — с учетом нелинейности диаграммы ε(σ); 2) изгиб, ср. f_m = 16,5 мм.

находится в диапазоне значений lg t проявления парадокса*: для данных стандартных испытаний в СССР по рис. 1, a 1,7 > -0,252; для данных США нижняя граница указанного диапазона lg t > 1,7 (поскольку высота сечения образцов 50,8 > 20 мм), т. е. заведомо превышает величину 1,01, приведенную в табл. 2.

Проявлению парадокса, очевидно, обязано меньшее влияние влажности на величину σ_{вр} изгиба сравнительно со сжатием вдоль волокон, обнаруживаемое при скоростных испытаниях пиломатериала. Даваемое иногда этому явлению объяснение меньшим влиянием влажности на сопротивление древесины растяжению вдоль волокон опровергается тем, что разрушение пиломатериала по сучкам в растянутой зоне фактически всегда происходит от разрыва под углом к волокнам в присучковой зоне, а влияние влажности на этот вид сопротивления не меньше, чем на прочность при сжатии вдоль волокон.

Приведенные данные подтверждают, таким образом, предложенное объяснение механизма явления парадокса задержкой релаксации напряжений в крайних сжатых волокнах изгибаемого элемента [5].

На основе изложенного можно заключить следующее.

1. При испытаниях образцов древесины кратковременной нагрузкой, служащих для оценки кратковременной и прогнозирования длительной прочности древесины, следует исключать попадание значений lg t в их диапазон проявления парадок-

* Время до разрушения t определяется по продолжительности t₁ испытания из выражения $t = \frac{t_1}{2,3 (\lg A - \lg t)}$ [5], решаемого последовательными приближениями.

са, для этого нагружение следует производить достаточно медленно.

2. Образец, находившийся достаточно долго под неизменной нагрузкой, но не разрушившийся, будет ослаблен сравнительно с исходным его состоянием вследствие накопления необратимых субмикроскопических повреждений [2]. Если быстро довести его до разрушения на машине, то он должен показать меньшую величину временного сопротивления. На этом основан способ «обрыва» испытаний на растяжение образцов в виде лопатки, т. е. с равномерным распределением напряжений [3]. В случае использования этого приема для изгиба древесины снижение $\sigma_{вр}$ от накопления субмикрповреждений под длительной нагрузкой складывается со снижением $\sigma_{вр}$ вследствие парадокса, и отделить влияние одного фактора от другого невозможно.

3. Увеличивающееся с высотой сечения изгибаемого элемента снижение $\sigma_{вр}$ вследствие парадокса легко спутать с влиянием масштабного фактора, с которым парадокс, однако, ничего общего не имеет, поскольку соответствует разнице в сопротивлении образцов не разных по размерам, а одинаковых, но испытанных с различной скоростью. Таково происхождение коэффициента снижения с высотой сечения несущей способности балок, выведенного в свое время на основании результатов их испытаний кратковременной нагрузкой [12]. Но то, что оправдано в авиационных конструкциях, работающих на скоростные перегрузки, никак не соответствует работе строительных конструкций под действием длительных нагрузок: здесь парадокс полностью отсутствует, и это делает необоснованным применение в нормах проектирования деревянных конструкций коэффициента m_6 снижения расчетной несущей способности клееных балок с высотой их сечения.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Древесина. Показатели физико-механических свойств.— М.: Комитет стандартов СССР, 1962.— 48 с. [2]. Журков С. Н., Куксенко В. С., Петров В. А. Можно ли прогнозировать разрушение// Будущее науки.— М.: Знание, 1983.— Вып. 16.— С. 100—111. [3]. Иванов Ю. М. О точности определения параметров длительной прочности древесины// Лесн. журн.— 1984.— № 4.— С. 62—66. (Изв. высш. учеб. заведений). [4]. Иванов Ю. М. Энергия активации развития у ориентированного жесткоцепного полимера вынужденной эластической деформации// Высокомолекулярные соединения.— 1984.— Т. 26Б.— № 6.— С. 425—430. [5]. Иванов Ю. М., Славик Ю. Ю. Оценка длительной прочности древесины при изгибе по результатам кратковременных испытаний// Лесн. журн.— 1981.— № 2.— С. 66—70. (Изв. высш. учеб. заведений). [6]. Каргин В. А., Слонимский Г. Л. Краткие очерки по физико-химии полимеров.— М.: Химия, 1967.— 232 с. [7]. Леонтьев Н. Л. Длительное сопротивление древесины.— М.; Л.: Гослесбумиздат, 1957.— 132 с. [8]. Мартинец Д. В. Исследование зависимости предела пластического течения от влажности и объемного веса древесины// Тр. Сарат. автодор. ин-та.— 1950.— Сб. 10.— С. 311—333. [9]. Отставнов В. А., Иванов Ю. М. Методология сопоставления относительной безопасности деревянных конструкций, проектируемых по нормам СССР и США// Состояние и перспективы исследований в области деревянных строительных конструкций.— М.: ЦНИИСК, 1983.— С. 23—40. [10]. Madsen B. Duration of load tests for dry lumber in bending// Forest Products Journal.— 1973.— V. 23.— N 2.— P. 21—28. [11]. Markwardt L. J., Wilson T. R. C. Strength a. related properties of woods grown in the United States// Dept. Agr., Techn. Bull. 479, 1935.— 114 pp. [12]. Newlin J. A., Trauer G. W. Form factors of beams subjected to transverse bending only// National Advisory Committee for Aeronautics. Report.— 1924.— N. 181.

Поступила 31 марта 1986 г.

УДК 674.053 : 621.933.61

ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ ПОВЫШЕННОЙ УДЕЛЬНОЙ ПРОЧНОСТИ ДЛЯ ПИЛЬНЫХ РАМОК

Л. А. ШАБАЛИН, В. Ф. ВИНОГРАДОВ, В. И. СМИРНОВ

Уральский лесотехнический институт
Даниловский завод деревообрабатывающих станков

Один из путей повышения производительности лесопильных рам — повышение частоты движения пильной рамки (ПР). Однако при этом, пропорционально квадрату угловой скорости кривошипа, возрастают силы инерции возвратно-поступательно движущихся масс ПР и шатуна, снижается долговечность элементов кривошипно-ползунного механизма (КПМ), повышаются колебания фундаментов и станин лесорам, рабочих мест, элементов зданий лесопильных цехов и вблизи стоящих с ними объектов.

Указанные недостатки можно устранить, а интенсивность нагружения и долговечность деталей КПМ при этом останутся на прежнем уровне, если с увеличением частоты вращения кривошипа проводить работы по снижению масс ПР и шатуна. Снижения металлоемкости этих узлов можно достичь, в основном, двумя способами: 1) изготовлением ПР и шатуна рациональной конструкции с равнопрочными сечениями их элементов; 2) применением для этих деталей материалов с повышенной удельной статической и усталостной прочностью*.

Исследования показали, что при применении новой конструкции струбцин для пил и изготовлении ПР и шатуна сварными из тонкостенных элементов можно снизить их массу до 20%. Вторым способом совместно с первым можно достичь значительно большего эффекта по снижению металлоемкости и повышению производительности.

В промышленности освоено применение различных легированных сталей с пределом прочности 3 500...8 000 МПа. Однако при значительном увеличении статической прочности усталостная прочность новых сталей возросла несущественно, а модуль упругости, оказывающий влияние на деформацию деталей, остался на прежнем уровне. Кроме того, высокопрочные стали весьма чувствительны к концентрации напряжений, и применение их для деталей сложной конфигурации с концентраторами напряжений не всегда дает положительный результат в сравнении с углеродистыми сталями.

Для снижения металлоемкости деталей сложной формы более перспективны «легкие» сплавы на основе магния, алюминия и титана, пределы прочности которых доведены соответственно до 500; 750; 1800 МПа, а плотность их составляет соответственно $1,8 \cdot 10^3$; $2,8 \cdot 10^3$; $4,5 \cdot 10^3$ кг/м³.

Указанные сплавы, наряду с высокой стоимостью, обладают пониженным, по сравнению со сталями, модулем продольной упругости соответственно в 5,5; 3 и 2 раза.

С учетом прочностных и деформационных свойств для шатуна и ПР лесорам наиболее приемлемы титановые сплавы, обладающие повышенной коррозионной стойкостью и примерно такой же вязкостью, как и углеродистые стали.

* Удельная прочность — отношение предела прочности материала к его плотности.

При этом если изготовление шатуна из титанового сплава не вызывает сомнения, так как в этом случае его масса может быть снижена в 1,7 раза и (за счет повышенной податливости) уменьшатся динамические нагрузки в мертвых положениях КПМ, то применение титановых сплавов для изготовления элементов ПР требует проведения комплексных исследований и, прежде всего, их динамической нагруженности, напряженно-деформированного состояния. Необходимость проведения таких работ вызвана, прежде всего, тем, что при меньшем модуле продольной упругости титановых сплавов у поперечин и стоек возрастает их податливость, увеличиваются амплитуды колебаний сил натяжения пил за один оборот кривошипа. В связи с этим становится неясным вопрос об устойчивости пил. Необходимость исследований вызвана еще и тем, что при проведении рядом научных организаций и промышленных предприятий работ по созданию облегченных ПР из титановых сплавов не было получено положительных результатов даже при обычных частотах вращения кривошипа из-за малой усталостной прочности сварных поперечин.

С учетом имеющихся сведений о напряженно-деформированном состоянии ПР лесорам отечественного производства, а также ранее выполненных работ по созданию облегченных ПР, в УЛТИ и Даниловском ЗДС проведены исследования по применению материалов повышенной удельной прочности при изготовлении ПР одноэтажных лесорам. Для распространенной модели лесорамы Р63-4А было изготовлено три опытных (облегченных) ПР, форма, размеры сечений, технология изготовления и сборки деталей которых были приняты такими же, как и при выпуске серийных ПР из углеродистых сталей. Боковины поперечин и горизонтальные цапфы выполнены из титанового сплава ВТ-14 ($\sigma_T = 900$ МПа; $\sigma_B = 970$ МПа; $\delta = 10\%$), а стойки и вертикальные цапфы для них — из сплава ВТ-1-0 ($\sigma_T = 420$ МПа; $\sigma_B = 520$ МПа; $\delta = 20\%$).

Материалы струбцин и захватов пил оставлены без изменения. Массы деталей, остова и ПР в сборе двух типов пильных рамок приведены в табл. 1.

Таблица 1

Элементы	Масса элементов пильной рамки, кг		Процент снижения
	опытной	серийной	
Поперечина верхняя	60	104	42
» нижняя	27	43	37
Стойки с цапфами	39	61	36
Остов ПР	126	208	39
ПР в сборе с ползунами, захватами, 12 пилами, струбцинами	261	343	24

Данные табл. 1 свидетельствуют, что массы опытной ПР в сборе и ее остова снизились по сравнению с серийной конструкцией соответственно на 24 и 39 %.

На одной из опытных пильных рамок были проведены исследования напряженно-деформированного состояния и динамической нагруженности ее элементов. Напряжения и нагрузки измеряли 140 тензорезисторами сопротивлением 200 Ом, базой 20 мм, а деформации — 11 индикаторами часового типа, имевшими точность 0,01 мм. Исследования напряжений выполнены: в статике — от распора струбцин и натяжения максимально допустимого числа пил, установленных в поставе с минимальным шагом; в динамике — в период холостого режима работы ле-

сорамы и при пилении. В динамике в период разгона, холостого режима и пиления были измерены колебания сил натяжения пил на уровне их верхних и нижних захватов, а также нагрузки, действующие на цапфы верхних шатунных подшипников. Частоту вращения кривошипа n_k принимали по паспорту лесорамы 280 мин^{-1} и повышенной — 320 мин^{-1} . Увеличение частоты вращения на 15 % было назначено из условия сохранения на прежнем уровне динамических нагрузок, действующих на верхние и нижние шатунные подшипники. Распиливали сосновые брусья высотой 300 мм с паспортной посылкой. Применяли пилы с плющеным зубом. Толщина их и шаг зубьев соответственно равнялись 2,2 и 26 мм. Угловые параметры зубьев соответствовали ГОСТу 5524—75. Деформации измеряли только в статике — от распора струбцин и натяжения пил. Максимальные силы распора струбцин и натяжения пил принимали по паспорту лесорамы соответственно равными 20 и 30 кН. Усилие распора струбцин контролировали 4 динамометрами сжатия, а натяжения пил — протарированными по нагрузкам тензорезисторами.

На рис. 1 приведены эпюры деформаций, мм, элементов ПР от распора струбцин, натяжения пил и их суммарного воздействия. Наиболь-

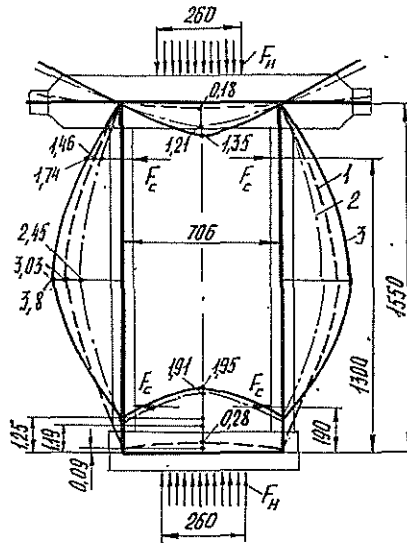


Рис. 1. Деформация элементов опытной пильной рамки.

1 — от распора струбцин усилием 2 кН; 2 — от натяжения 12 пил суммарным усилием 36 кН; 3 — от распора струбцин и натяжения пил.

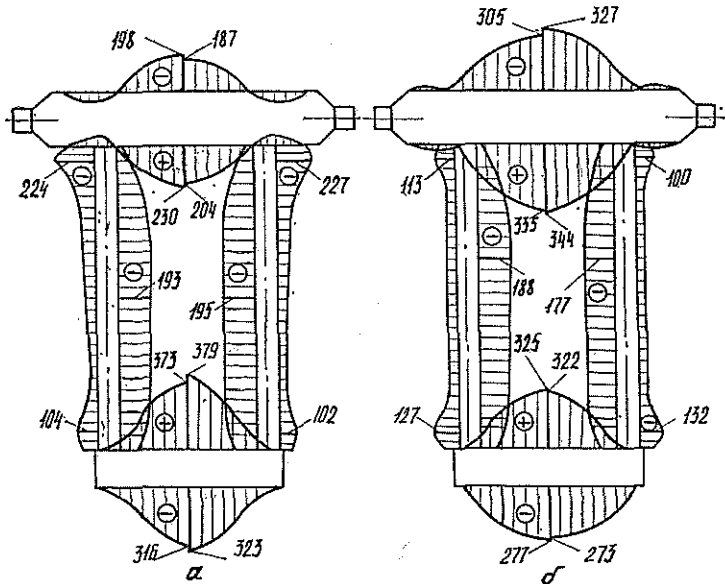


Рис. 2. Эпюры напряжений опытной пильной рамки вблизи верхней (а) и нижней (б) мертвых точек механизма резания.

шие деформации (прогибы) имеют место у верхней и нижней поперечин по оси ПР, а у стоек — по середине их длины и соответственно равны 1,35; 1,95; 3,8 мм. Максимальное сближение верхних и нижних поперечин составляет 4,55 мм.

На рис. 2 приведены эпюры экстремальных напряжений, МПа, возникающих в элементах ПР при наиболее тяжелой работе ее деталей. Левые от оси ПР эпюры соответствуют частоте вращения 280 мин^{-1} , а правые — 320 мин^{-1} . Наибольшие напряжения возникают: у поперечин — по оси ПР в растянутых поясах; у стоек — против верхних струбцин с наружной стороны контура. При этом в деталях на основную частоту изменения напряжений накладываются высокочастотные колебания с амплитудой, не превышающей 5% амплитуды основной частоты. Изменение частоты вращения кривошипа с 280 до 320 мин^{-1} привело к незначительному (не более 13%) повышению экстремальных напряжений. Для наиболее опасных сечений в табл. 2 приведены сравнительные данные для двух ПР. Величины напряжений и деформаций в стальной ПР лесорамы Р63-4А приведены из работ [1, 2, 4].

Таблица 2

Параметр	Численные значения параметров для		
	верхней поперечины	нижней поперечины	стойки
Максимальное напряжение, МПа	344	379	—100
	327	376	—150
Минимальное напряжение, МПа	204	322	—227
	205	320	—194
Среднее напряжение, МПа	274	350,5	—163,5
	266	348	—172
Амплитуда напряжений, МПа	70	28,5	63,5
	61	28	22,5
Запас по статической прочности	2,48	2,25	1,66
	1,05	0,91	1,5
Запас по усталостной прочности	2,78	2,9	2,15
	1,7	1,75	3
Прогиб от статических сил	1,35	1,95	3,80
	0,70	1,03	1,83

Примечание. В числителе — данные для опытной ПР при $n_k = 320 \text{ мин}^{-1}$; в знаменателе — для серийной при $n_k = 280 \text{ мин}^{-1}$.

Как видно, у облегченной ПР при повышенной частоте вращения кривошипа возросла только амплитуда напряжений под верхними струбцинами. Остальные параметры напряжений практически такие же, как и в серийной ПР. Более того, детали опытной ПР имеют даже резерв прочности и, следовательно, масса их может быть уменьшена. Нагрузки же, действующие на верхние шатунные подшипники, остались на прежнем уровне и не превышают 43,8 кН в мертвых положениях КПМ. Вместе с тем, у облегченной ПР примерно в 2 раза увеличались деформации от статических сил и возросли амплитуды колебаний сил натяжения пил в течение одного оборота кривошипа. В табл. 3 (для двух ПР) приведены данные колебаний сил натяжения пил на уровне их верхних ΔF_v и нижних ΔF_n захватов.

Таблица 3

Параметр	Обозначение	Численное значение параметра для пильной рамки	
		опытной	серийной
Приращение силы натяжения пилы вблизи верхней мертвой точки, кН	$\Delta F_{\text{в}}$	1,65	0,70
	$\Delta F_{\text{н}}$	3,50	2,30
Уменьшение силы натяжения пилы вблизи нижней мертвой точки, кН	$\Delta F_{\text{в}}$	-1,15	-0,45
	$\Delta F_{\text{н}}$	-2,75	-2,00

Наибольшая амплитуда колебаний силы натяжения пилы наблюдается на уровне нижнего центрального захвата, составляет для облегченной ПР 3125Н, что на 45 % больше, чем в серийной ПР. Это является недостатком опытной ПР, приводящим к некоторому снижению устойчивости пил в нижней мертвой точке. Заметим, что абсолютное снижение силы натяжения пилы по отношению к ее первоначальному натяжению ($F_{\text{н}} = 30$ кН) для обеих ПР невысокое, не превышает 9 и 6,7 % соответственно у облегченной и стальной ПР. Для сравнения можно привести значения амплитуд колебаний и снижения сил натяжения пил в двухэтажных лесорамах [3]. Они достигают соответственно 9,6 кН и 20 %, и при этом пилы работают нормально.

К недостаткам облегченной ПР следует отнести повышенную (примерно в 4 раза) трудоемкость изготовления деталей из титанового сплава и его повышенную (примерно в 20 раз) стоимость по сравнению с углеродистыми сталями.

Расчеты показали, что стоимость облегченной ПР возрастает в 10 раз и при серийном изготовлении в условиях Даниловского ЗДС будет составлять 935 р.

Две облегченные ПР были подвергнуты производственным испытаниям на лесопильных рамах Р63-4А с повышенными ($n_k = 320$ мин⁻¹) частотами вращения кривошипа. Более чем 3,5-летние испытания в условиях Уральского учебно-опытного лесхоза показали высокую надежность ПР и остальных элементов механизма резания. Применительно к этому предприятию, за счет повышения производительности, лесорама с облегченной ПР дает экономический эффект более 5 000 р. в год.

Таким образом, нами установлена экономическая целесообразность применения материалов с повышенной удельной прочностью для пильных рамок одноэтажных лесорам производства Даниловского ЗДС. Изменение конструкции распорных струбцин и применение материалов с повышенной удельной прочностью для всех деталей ПР позволит снизить ее массу на 30—32 %.

Проведением работ по повышению надежности шатунов и коленчатого вала при полном использовании несущей способности деталей облегченной ПР можно поднять частоту вращения кривошипа базовой модели Р63-4А на 25 %.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Виноградов В. Ф., Шабалин Л. А., Смирнов В. И. Пути повышения прочности деталей пильной рамки лесопильной рамы модели Р63-4// Деревообработка. оборудование.— 1978.— Вып. 3. [2]. Виноградов В. Ф., Шабалин Л. А., Смирнов В. И. Пути снижения деформации элементов пильной рамки// Деревообработка. оборудование.— 1978.— Вып. 5. [3]. Шабалин Л. А., Виноградов В. Ф. Динамические нагрузки, действующие на захваты рамных пил лесорама 2Р80// Деревообработка. оборудование.— 1976.— Вып. 7. [4]. Шабалин Л. А., Виноградов В. Ф., Акулов Г. А. Исследование напряжений в пильной рамке// Деревообработка. оборудование.— 1977.— Вып. 5.

Поступила 16 октября 1985 г.

УДК 674.05 : 621.9.02

О НАПРЯЖЕННОМ СОСТОЯНИИ ПЛОСКИХ КРУГЛЫХ ПИЛ ПРИ ИЗГИБНЫХ КОЛЕБАНИЯХ

В. В. СОЛОВЬЕВ, Ю. М. СТАХИЕВ, О. И. БАЧИН

Архангельский лесотехнический институт
ЦНИИМОД

Проблема колебаний круглых пил занимает одно из центральных мест в вопросах обеспечения их работоспособности. Наибольший практический интерес представляют поперечные колебания, так как их влияние проявляется не только на качестве распиловки, но и на прочности пильного диска.

Борьба с колебаниями пил в первую очередь состоит в предупреждении возникновения резонансных явлений. Поэтому многочисленные исследования [1—3], посвященные этой проблеме, направлены на изучение частот собственных и вынужденных колебаний.

Наиболее полно, с учетом основных факторов, действующих на пилу, изучены собственные колебания дисков, менее исследованы вынужденные колебания. Сложность состоит в том, что причин, вызывающих колебания, много, а оценка степени их влияния затруднена. Поэтому построение точных аналитических решений, описывающих колебательный процесс пил в производственных условиях, не представляется возможным. На данном этапе при изучении напряженного состояния пил может быть принят приближенный путь решения, сочетающий в себе экспериментальные и теоретические исследования.

При нахождении наибольших напряжений задачу можно рассматривать в статической постановке с учетом максимальных отклонений пилы от состояния статического равновесия. В случае крепления пилы зажимными фланцами искомое решение должно удовлетворять следующим условиям:

$$\text{при } r = a \quad w = 0, \quad \frac{\partial w}{\partial r} = 0; \quad (1)$$

$$\text{при } r = b \quad M_r = 0, \quad Q_r = 0, \quad (2)$$

где a и b — соответственно внутренний и внешний радиусы пилы;

r — координата точки пилы по радиусу;

w — перемещение срединной поверхности пилы;

M_r — радиальный момент;

Q_r — перерезывающая сила.

Внутренние силовые факторы связаны с перемещениями зависимостями [4]

$$\left. \begin{aligned} M_r &= -D \left[\frac{\partial^2 w}{\partial r^2} + \nu \left(\frac{1}{r} \frac{\partial w}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 w}{\partial \theta^2} \right) \right], \\ M_\theta &= -D \left[\frac{1}{r} \frac{\partial w}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 w}{\partial \theta^2} + \nu \frac{\partial^2 w}{\partial r^2} \right], \\ M_{r\theta} &= (1 - \nu) D \left[\frac{1}{r} \frac{\partial^2 w}{\partial r \partial \theta} - \frac{1}{r^2} \frac{\partial w}{\partial \theta} \right], \\ Q_r &= -D \frac{\partial}{\partial r} \left[\frac{\partial^2 w}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial w}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 w}{\partial \theta^2} \right]. \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Здесь $D = \frac{Eh^3}{12(1-\nu^2)}$ — цилиндрическая жесткость пилы;

E — модуль упругости;

ν — коэффициент Пуассона;

h — толщина пилы;

M_θ — тангенциальный момент;

$M_{r\theta}$ — крутящий момент.

Для определения наибольших напряжений имеем

$$\left. \begin{aligned} \sigma_r &= \frac{6M_r}{h^2}, \\ \sigma_\theta &= \frac{6M_\theta}{h^2}, \\ \tau_{r\theta} &= \frac{6M_{r\theta}}{h^2}. \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

Следовательно, задача сводится к нахождению функции перемещений. Определить эту функцию путем интегрирования разрешающего дифференциального уравнения изгиба пластин в данной задаче невозможно. Ее можно получить на основании экспериментальных исследований. Рядом работ установлено, что в рабочем состоянии в пыльном диске в большинстве случаев реализуется одна из форм собственных колебаний с n -числом узловых диаметров без узловых окружностей. Следуя работе [2], примем функцию перемещений пыльного диска в виде:

$$w = w_0 (r - a)^2 \left(1 + B_1 \frac{r}{b} + B_2 \frac{r^2}{b^2} \right) \cos n\theta, \quad (5)$$

где w_0 — варьируемый параметр;

B_1, B_2 — произвольные коэффициенты;

n — число узловых диаметров.

Случай $n = 0$ соответствует зонтичной форме колебаний. При $n > 1$ рассматривают веерные формы. Функция (5) автоматически удовлетворяет кинематическим граничным условиям (1), а из условий (2) вытекает система уравнений для определения B_1 и B_2 :

$$\left. \begin{aligned} C_1 B_1 + C_2 B_2 &= C_3, \\ C_4 B_1 + C_5 B_2 &= C_6. \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

В формуле (6) значения C_i ($i = 1, \dots, 6$) получены путем подстановки (5) в соответствующие выражения (2) и (3)

$$\left. \begin{aligned} C_1 &= (6 + 3\nu - n^2\nu) + \frac{a}{b} (-4 - 4\nu + 2\nu n^2) + \frac{a^2}{b^2} \nu (1 - n^2), \\ C_2 &= (12 + 4\nu - \nu n^2) + \frac{a}{b} (-12 - 6\nu + 2\nu n^2) + \\ &\quad + \frac{a^2}{b^2} (2 + 2\nu - \nu n^2), \\ C_3 &= -(2 + 2\nu - \nu n^2) - \frac{a}{b} (-2\nu + 2\nu n^2) + \frac{a^2}{b^2} \nu n^2, \\ C_4 &= -(3 - 2\nu) n^2 + 9 + 2 \frac{a}{b} (1 - \nu) n^2 + \frac{a^2}{b^2} (n^2 - 1), \\ C_5 &= 32 - (5 - 3\nu) n^2 + \frac{a}{b} (n^2 (6 - 4\nu) - 18) - \frac{a^2}{b^2} (1 - \nu) n^2, \\ C_6 &= (1 - \nu) n^2 - 2 \frac{a}{b} (1 - n^2) - \frac{a^2}{b^2} (3 - \nu) n^2. \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

Параметр ω_0 можно определить на основании экспериментально измеренных амплитуд колебаний A . При измерении амплитуд колебаний на внешнем контуре пилы ($r = b$) имеем

$$\omega_0 = \frac{A}{(b-a)^2(1+B_1+B_2)}. \quad (8)$$

Подставив (5) в (3) с учетом (8), получим выражения для определения внутренних силовых факторов:

$$M_r = -A \frac{D}{(b-a)^2(1+B_1+B_2)} \left\{ 2 + 2\nu \left(1 - \frac{a}{r} \right) - \nu n^2 \left(\frac{a^2}{r^2} - \frac{2a}{r} + 1 \right) + \right. \\ \left. + \frac{B_1}{b} \left[r(6+3\nu - \nu n^2) - a(4+4\nu - 2\nu n^2) + \frac{\nu a^2}{r}(1-n^2) \right] + \right. \\ \left. + \frac{B_2}{b^2} \left[r^2(12+4\nu - \nu n^2) + a^2(2+2\nu - \nu n^2) - ar(12+ \right. \right. \\ \left. \left. + 6\nu - 2\nu n^2) \right] \right\} \cos n\theta;$$

$$M_\theta = -A \frac{D}{(b-a)^2(1+B_1+B_2)} \left\{ (2-n^2+2\nu) + \frac{2a}{r}(n^2-1) - \right. \\ \left. - \frac{a^2}{r^2}n^2 + \frac{B_1}{b} \left[r(3+6\nu - n^2) + a(2n^2-4-4\nu) + \frac{a^2}{r}(1-n^2) \right] + \right. \\ \left. + \frac{B_2}{b^2} \left[r^2(4+12\nu - n^2) + a^2(2+2\nu - n^2) + ar(2n^2-6-12\nu) \right] \right\} \cos n\theta.$$

Напряжения вычисляются по формулам (4).

При таком подходе к решению задачи остается неизвестным, какой форме колебаний соответствует измеренная амплитуда. Однако, как показано в работе [3], в процессе работы пилы режим ее нагружения меняется в широком диапазоне, а следовательно, и формы колебаний не остаются постоянными. Наиболее часто реализуются формы с 2...6-ю узловыми диаметрами. Для суждения о прочности необходимо выявить условия, при которых возникает экстремальное напряженное состояние.

Расчеты выполнены для двух типов пил: малого диаметра $D = 500$ мм для продольной распиловки и большого диаметра $D = 1500$ мм для поперечной распиловки бревен.

Диаметр зажимных шайб для пил продольной распиловки $d_{ш} = 125$ мм, для поперечной $d_{ш} = 300$ мм. Модуль упругости материала пил: $E = 2 \cdot 10^5$ МПа, коэффициент Пуассона $\nu = 0,25$, число узловых диаметров $n = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6$.

Расчетами установлено, что наибольшие нормальные напряжения возникают в диаметральных разрезах, которые делят пополам углы между смежными узловыми диаметрами. В разрезах, совпадающих с узловыми диаметрами, нормальные напряжения равны нулю. Наибольших значений здесь достигают касательные напряжения $\tau_{r\theta}$. Во всех рассмотренных случаях при одной и той же амплитуде колебаний нормальные напряжения σ_r и σ_θ возрастают с увеличением числа узловых диаметров.

На рис. 1 и 2 показано распределение напряжений σ_r и σ_θ по радиусу пилы при различном числе узловых диаметров n . С уменьшением диаметра пилы напряжения во всех случаях возрастают. Наибольший практический интерес представляют тангенциальные напряжения на контуре межзубовых впадин, так как именно эта зона является источником трещин. Изменение напряжений σ_θ при $r = b$ для пил малого диаметра в зависимости от амплитуды колебаний показано на рис. 3, а, для пил большого диаметра — на рис. 3, б. По данным работы [5] величина амплитуды установившихся колебаний достигает 0,3...0,5 мм для

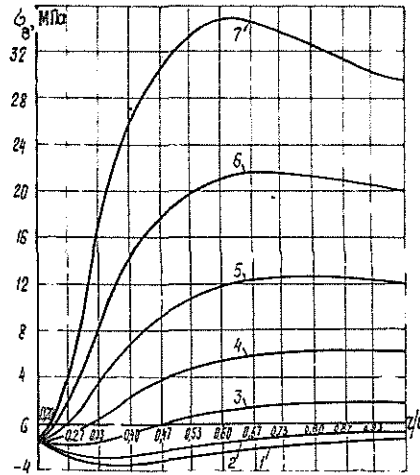
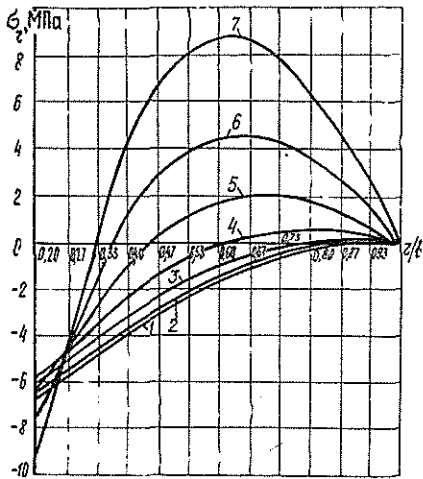


Рис. 1. Радиальные напряжения σ_r при поперечных колебаниях круглых пил. $A = 1$ мм; 1 — $n = 0$; 2 — 1; 3 — 2; 4 — 3; 5 — 4; 6 — 5; 7 — 6.

Рис. 2. Тангенциальные напряжения σ_θ при поперечных колебаниях круглых пил. $A = 1$ мм; 1 — $n = 0$; 2 — 1; 3 — 2; 4 — 3; 5 — 4; 6 — 5; 7 — 6.

пил малого диаметра. При этом $\sigma_\theta = 4,4$ МПа при $n = 2$ и $\sigma_\theta = 67,3$ МПа при $n = 6$.

По результатам измерения амплитуд колебаний пил большого диаметра при поперечной распиловке бревен на ЦБК г. Архангельска установлено, что величина наибольших отклонений пил равна 2,5... 5 мм. Тангенциальные напряжения на внешнем контуре пилы $\sigma_\theta = 10,1$ МПа при $n = 2$ и $\sigma_\theta = 149,6$ МПа при $n = 6$.

В общей величине напряжений от совокупности всех воздействий на пилу напряжение σ_θ от колебаний достигает 85%. Поэтому вопрос повышения прочности пил должен быть неразрывно связан с вопросом

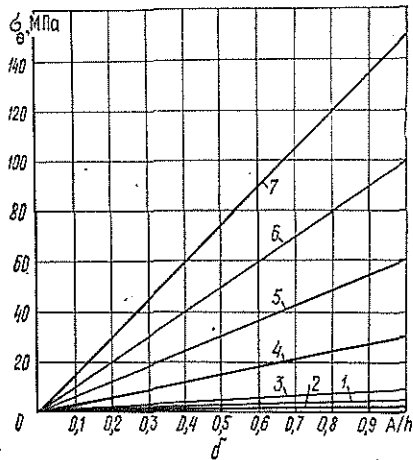
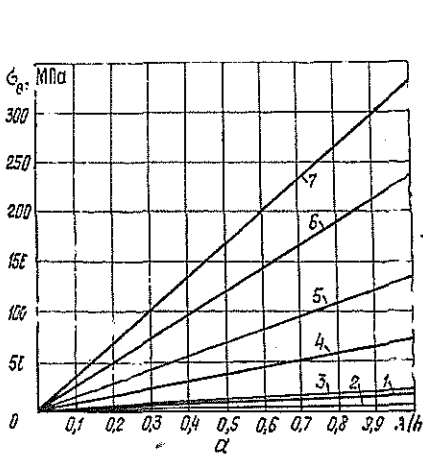


Рис. 3. Влияние амплитуды колебания на тангенциальные напряжения.

α — для пил малого диаметра; β — для пил большого диаметра; 1 — $n = 0$; 2 — 1; 3 — 2; 4 — 3; 5 — 4; 6 — 5; 7 — 6.

снижения напряжений, возникающих при колебаниях. Из полученных результатов следует (рис. 1, 2), что наименьшие напряжения возникают при низших формах (первая, вторая). Известно, что форма колебаний зависит от уровня начального напряженного состояния. Поэтому в целях снижения напряжений необходимо создать в пилах такие начальные напряжения, при которых в пиле возникали бы формы с $n > 3$. С другой стороны, при низших формах колебаний возрастают амплитуды при прочих равных условиях, а вместе с тем и величина напряжений. Однако, как следует из рис. 3, а и 3, б, влияние амплитуды на величину напряжений при низших формах менее значительно, чем при высших $n > 3$.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Жодзишский Г. А. Влияние начальных напряжений (возникающих вследствие проковки) на частоты свободных колебаний круглых пил// Лесн. журн.— 1958.— № 5.— С. 107—118. (Изв. высш. учеб. заведений). [2]. Жодзишский Г. А. Влияние начальных напряжений от проковки и напряжений от неравномерного нагрева на частоты свободных колебаний вращающихся круглых пил// Тр. ЛТА.— Л., 1959.— Вып. 83. [3]. Стахнев Ю. М. Устойчивость и колебания плоских круглых пил.— М.: Лесн. пром-сть, 1977.— 296 с. [4]. Тимошенко С. Л., Гудьер Дж. Теория упругости.— М.: Наука, 1979.— 560 с. [5]. Якунин Н. К., Хаздан С. М. Об устойчивости и вибрации дисков круглых пил при пилении// Деревообраб. пром-сть.— 1957.— № 8, 9.

Поступила 10 декабря 1984 г.

УДК 630*812.7 : 674.048

ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ ДРЕВЕСИНЫ, МОДИФИЦИРОВАННОЙ ФЕНОЛОФОРМАЛЬДЕГИДНОЙ СМОЛОЙ ФР-100

А. Ф. РАЗУМОВА, В. Н. ТВЕРДОХЛЕБОВА, Б. Д. РУДЕНКО,
Т. В. ЕРМОЛИНА

Сибирский технологический институт

Для повышения долговечности древесины, работающей в условиях повышенной влажности, применяют фенолоформальдегидную смолу ФР-100. Она хорошо проникает в стенки клеток и в значительном количестве находится в их полостях [2]. Смола ФР-100 отверждается в присутствии п-формальдегида, который выполняет роль отвердителя, и от его количества зависят свойства как пропиточного состава, так и модифицированной древесины. Определенный интерес представляет изучение долговечности получаемого материала.

Цель данной работы — установить оптимальное количество отвердителя для разработки пропиточного состава на основе смолы ФР-100 с заданными свойствами и изучить долговечность модифицированной древесины.

Исследования проводили на образцах размером $20 \times 20 \times 30$ мм (последний размер — вдоль волокон), которые высушивали до абсолютно сухого состояния при $t = (103 \pm 2)$ °С. Пропитке подвергали здоровую заболонь сосны. Для приготовления пропиточного раствора использовали смолу ФР-100 и отвердитель п-формальдегид в порошкообразном состоянии (ТУ 6—05—1638—78). У полученной партии смолы вязкость и содержание сухого остатка определяли опытным путем. Вязкость по ВЗ-4 составила 8 с, а содержание сухого остатка — 60 %. Концентрацию отвердителя рассчитывали по сухому остатку.

Подготовленные образцы укладывали в стакан, заливали раствором и помещали в пропиточную установку. Общее время пропитки составляло 2 ч, из них 1,5 ч под давлением 0,5 МПа. По окончании пропитки образцы вынимали, осушали и взвешивали. Пропитанные образцы подсушивали на воздухе при комнатных условиях до постоянной массы, а затем доводили до абсолютно сухого состояния в шкафу при $t = (103 \pm 2)$ °С.

Эффект модификации объективно оценивали при выполнении минимума испытаний модифицированной древесины по методике ЦНИИСКа [1]. Согласно методике, для модифицированной древесины определяли содержание полимера, увеличение плотности, остаточное набухание, водо- и влагопоглощение, прочность при сжатии вдоль волокон. После испытания образцы раскалывали для нахождения глубины пропитки.

Смола ФР-100 представляет собой водорастворимую однородную жидкость темно-коричневого цвета с содержанием сухого остатка не менее 55 %. В практике склеивания древесины смолой ФР-100 оптимальным, с технологической точки зрения, принято количество отвердителя, равное 10 % [3]. При такой концентрации происходит отверждение клея в течение 1 ч и образуется прочный клеевой слой. Смола при склеивании проникает в древесину на глубину не более 2 мм. Применяя для модификации древесины смолу ФР-100, следует увеличить ее проникающую способность, чего можно достичь путем снижения количества отвердителя в пропиточном составе. При уменьшении количества отвердителя увеличивается жизнеспособность состава, а следовательно, и время пропитки. Однако количество отвердителя оказывает влияние на прочностные, влаго- и водозащитные свойства модифицированной древесины. Поэтому мы исследовали область изменения концентрации отвердителя от 1 до 10 % с интервалом в 1 %. Введение отвердителя в состав ниже 1 % и выше 10 % не имеет смысла, поскольку в первом случае смола утрачивает способность к отверждению, а во втором — проникновению в древесину.

Полученные результаты (средние значения не менее 10 наблюдений) приведены в табл. 1. Они подтверждают высокую проникающую способность смолы ФР-100.

Таблица 1

Показатели качества пропитки древесины смолой ФР-100 с различным содержанием отвердителя в пропиточном растворе

Концентрация отвердителя, %	Содержание полимера, %	Увеличение плотности, %	Глубина пропитки вдоль волокон, мм	Остаточное набухание, %		Прочность, МПа	Примечание
				тангенциальное	радиальное		
1	66,09	52,77	Сквозная	5,0	3,3	52	
2	65,57	50,77	»	3,7	3,5	49,5	
3	54,11	44,47	» 5—15	3,4	1,8	52	
4	51,81	38,30	» 7—8	2,5	3,0	47	
5	48,95	41,34	» 5—8	3,2	2,4	56,5	
6	23,45	19,50	» 3—7	3,2	2,0	47,5	
7	49,71	—	Сквозная по поздней зоне	—	—	54,0	
8	25,36	21,92	2—5	1,6	1,5	43,5	Трещины
9	48,16	45,31	2—3	3,1	1,9	51,5	»
10	55,38	53,04	2—3	4,4	1,8	52,5	»
Натуральная древесина	—	—	—	—	—	48,0	

Содержание полимера в модифицированной древесине высокое при различной концентрации отвердителя в пропиточном растворе, особенно велико оно при концентрации отвердителя 1...2 %. С увеличением количества отвердителя содержание полимера несколько снижается, а затем снова увеличивается. Последнее вызвано не столько улучшением проникающей способности смолы, сколько отложением ее на поверхности образцов. Данный вывод подтверждается глубиной пропитки, определяемой визуально по окраске древесины в коричневый цвет различной интенсивности. При высокой концентрации отвердителя 7...10 %

Таблица 2

Показатели влаго- и водопоглощения модифицированной древесины

Концентрация отвердителя, %	Содержание полимера, %	Влагопоглощение (числитель) и водопоглощение (знаменатель) при продолжительности выдержки										
		сут										
		ч	1	2	3	6	9	13	20	30		
1	66,67	—	5,6	11,5	11,6	14,0	15,6	16,6	16,1	16,7		
	57,52	13	49,0	53,0	67,0	62,0	69,0	70,0	74,0	80,0		
5	58,62	—	6,5	11,2	11,3	14,7	16,8	18,2	18,2	17,8		
	71,12	9	45,0	50,0	53,0	57,0	63,0	—	67,0	71,0		
10	56,27	—	6,3	10,9	11,0	13,9	15,7	17,1	17,0	17,0		
	79,58	8	42,0	48,0	52,0	55,0	62,0	62,0	64,0	69,0		
Натуральная древесина	5,61	5,61	6,6	16,8	16,6	18,8	18,5	20,0	20,3	20,5		
	55,00	55,00	80,0	100,0	113,0	143,0	164,0	171,0	183,0	192,0		

всех концентрациях отвердителя. Наибольшее значение остаточного набухания имеет древесина с концентрацией отвердителя 1%. Увеличение количества отвердителя ускоряет процесс отверждения смолы и снижает ее проникающую способность. Об этом свидетельствует уменьшение остаточного набухания при изменении концентрации отвердителя от 2 до 8%. При 9...10% концентрации тангенциальное остаточное набухание снова увеличилось вследствие образования радиальных трещин, заполненных смолой; при этом радиальное остаточное набухание составляет низкие величины.

Известно, что модификация древесины синтетическими смолами улучшает ее водозащитные свойства. Нами исследовано изменение влаго- и водопоглощения модифицированной древесины в зависимости от количества отвердителя в пропиточном растворе. Для определения этих показателей изготавливали образцы из заболони сосны размером 20 × 20 × 10 мм (последний размер вдоль волокон) и пропитывали

основная масса смолы проникает на глубину 2 мм. Эта зона отличается от центральной более темным цветом. В этом же интервале концентраций отвердителя происходит образование радиальных трещин на торцах образцов и отверждение смолы на их поверхности. Возрастание количества трещин и увеличение их размеров происходит в сторону верхнего предела концентраций. Это объясняется появлением напряжений в древесине, вызванных большой скоростью отверждения. При низких концентрациях, особенно 1...2%, наблюдается равномерное окрашивание древесины всего образца с одинаковой интенсивностью. Следовательно, содержание полимера находится в прямой зависимости от глубины пропитки. Подобная закономерность отмечается и при увеличении плотности модифицированной древесины.

При модификации древесины синтетическими смолами особое значение имеет остаточное набухание. Оно характеризует проникающую способность смолы, и чем выше его величина, тем больше полимера проникает в клеточную оболочку. Подтверждение хорошей проникающей способности смолы ФР-100 — полученные результаты остаточного набухания (см. табл. 1); они достаточно высокие при

смолой ФР-100 с содержанием отвердителя 1; 5; 10 %. Для сравнения эти же свойства определяли у натуральной древесины. Результаты приведены в табл. 2.

Из данных табл. 2 видно, что при испытанных концентрациях отвердителя влагопоглощение модифицированной древесины меньше натуральной. По отношению к натуральной древесине оно снизилось на 22, 15, 20 % соответственно для концентрации 1, 5 и 10 %. Водопоглощение древесины, модифицированной смолой с различной концентрацией отвердителя, также уменьшилось более чем в 2 раза, по сравнению с натуральной древесиной.

Анализируя результаты исследований влаго- и водопоглощения модифицированной древесины, можно отметить, что смола ФР-100 придает древесине высокие водозащитные свойства.

Далее приготовили пропиточные растворы на основе смолы ФР-100 с содержанием отвердителя 0,5 и 1,0 % и пропитали несколько партий образцов. Долговечность модифицированной древесины определяли по прочности при сжатии вдоль волокон после климатических испытаний по ускоренному методу, разработанному и предложенному В. М. Хрулевым [3]. Его режимы испытаний наиболее полно отвечают требованиям, предъявляемым к древесине, модифицированной фенолоформальдегидными смолами. Этот метод ускоренного старения сочетает условия жесткого режима обработки с возможностью использования небольших стандартных образцов, удобных для механических испытаний. Метод включает режим переменного кипячения-замораживания.

Подготовленные образцы выдерживали в кипящей воде 4 ч, затем быстро охлаждали проточной водой до температуры 16...20 °С и далее, вынув из воды, помещали на 15 ч в холодильную камеру с температурой — 20 °С. Затем образцы повторно погружали в кипящую воду на 4 ч, охлаждали проточной водой и испытывали на прочность во влажном состоянии. Полный цикл температурно-влажностной обработки длится сутки. В качестве контроля использовали образцы из натуральной древесины, которые участвовали в испытаниях по экспресс-методу.

Визуальные наблюдения за образцами до и после ускоренных испытаний не выявили их резких внешних различий. Даже после жестких условий испытаний на поверхности образцов не появлялись трещины. Показатели прочности, определенные после ускоренных климатических испытаний, приведены в табл. 3.

Таблица 3

Концентрация отвердителя, %	Количество наблюдений	Содержание полимера, %	Предел прочности после испытаний в мокром состоянии, МПа
0,5	13	51,60	17,5
0,5	15	71,60	19,0
1,0	25	74,50	20,0
1,0	23	75,50	21,0
Натуральная древесина	10	—	12,0

В целом режим ускоренного старения не повторяет условий эксплуатации, а представляет собой сочетание более жестких воздействий, по результатам которых можно косвенно оценивать стойкость модифицированной древесины.

В результате наших исследований установлено, что древесина сосны, модифицированная смолой ФР-100, более устойчива к воздействию резкой смены температур и влаги, чем натуральная. Определена область, в которой можно варьировать количество отвердителя и исполь-

зовать состав для модификации и укрепления древесины, работающей в условиях переменной влажности.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Методы физико-механических испытаний модифицированной древесины/ ЦНИИСК.— М.: Стройиздат, 1973. [2]. Разумова А. Ф., Твердохлебова В. Н. Исследование пропиточных свойств фенолоформальдегидных смол// Лесн. журн.— 1984.— № 3.— С. 85—88. (Изв. высш. учеб. заведений). [3]. Хрулев В. М. Прогнозирование долговечности клеевых соединений деревянных конструкций.— М.: Стройиздат, 1981.— 88 с.

Поступила 14 апреля 1986 г.

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

УДК 676.164.2 + 676.082.4

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБОВ
ПРОИЗВОДСТВА ПОЛУЦЕЛЛЮЛОЗЫ ИЗ ЛИСТВЕННОЙ
ДРЕВЕСИНЫ

Ю. Н. НЕПЕНИН, В. А. ЖАЛИНА, А. Б. КУРЯТНИКОВ

Ленинградская лесотехническая академия

Основной полуфабрикат при выработке бумаги для гофрирования и тарного картона — полуцеллюлоза (ПЦ), увеличение выпуска которой, как и других видов целлюлозно-бумажной продукции, невозможно без рационального и комплексного использования древесных ресурсов и повышения выхода конечного продукта. Структура сырьевой базы отрасли в перспективе требует вовлечения в переработку большего количества лиственной древесины.

Это, в свою очередь, ставит отрасль перед необходимостью создания новых перспективных способов производства и совершенствования старых, использования вспомогательных химикатов для интенсификации варки полуфабрикатов и улучшения свойств бумаги и картона*.

К современным способам производства полуцеллюлозы следует отнести моносульфитный, сульфатный, натронный и метод варки с зеленым щелоком. В США широко применяется содово-натронный способ производства полуцеллюлозы. Опытную проверку на промышленном оборудовании прошли щелочной сульфитный способ с использованием в качестве буферных агентов NaOH и Na_2CO_3 .

В настоящей работе рассмотрены разные способы производства полуцеллюлозы, проведена их сравнительная оценка исходя из качества получаемого продукта, направлений его использования, характеристик отработанных варочных растворов и применения схем регенерации.

В качестве сырья использовали технологическую щепу из березовой древесины. Варки полуцеллюлозы проводили по следующему режиму: пропарка 5 мин, подъем до конечной температуры 20 мин, варка при конечной температуре 30 мин. Температура варки с моносульфитным, щелочным сульфитным, сульфатным варочными растворами и с зеленым щелоком 175 °С, с натронным и содово-натронным растворами — 170 °С.

Показатели качества полуфабрикатов, полученных различными способами варки из березовой древесины, приведены в табл. 1.

Анализ данных табл. 1 позволяет заключить, что практически все рассмотренные способы обеспечивают получение из березовой древесины полуцеллюлозы высокого качества. ПЦ, полученная с использованием сульфатного и натронного варочных растворов, имеет низкий выход. Это объясняется меньшим содержанием, главным образом, глюкуроноксилана и глюкоманнана в древесном остатке, которые в условиях лучшего набухания в большей степени извлекаются из древесины, чем при обработке другими варочными реагентами. С увеличением расхода общей щелочи и продолжительности обработки процесс делигнификации ускоряется. Так, повышение расхода общей щелочи с 7 до 10 % Na_2O

* Осташенко М. И. Состояние и перспективы развития тарного картона и картонной тары // Развитие прогрессивной технологии и оборудования гофротарного производства и проблемы создания новых видов картонной тары: Тез. докл. Всесоюз. конф. — Астрахань, 1984. — С. 1—6.

Таблица 1
Показатели качества полуцеллюлоз,
полученных различными способами варки из березовой древесины

Способ варки	Выход, % от ис- ходной древе- щины	Массовая доля, %		Рас- ход щело- чи, % Na ₂ O	Расход хими- катов на про- изводство 1 т в. с. ПЦ, кг		Показатели механической прочности (125 г/м ² , 30° ШР)	Сопротивление		
		лиг- нина	пен- то- зано- в		Na ₂ O	SO ₂		Разрыв- ная длина, м	про- пла- вная шир- ина, кПа	прос- ком- плек- сно- тно- ч. д. п. Н
		Моносulfитный	80,8		15,3	18,6	10	108,9	92	6 800
Sulfатный	67,9	12,2	13,0	10	129,6	—	8 650	650	280	820
»	74,6	16,9	15,8	7	82,5	—	7 800	560	290	500
Натронный	65,3	11,3	12,9	10	134,8	—	8 300	550	285	720
»	73,2	16,7	15,0	7	84,15	—	6 300	400	285	350
Содово-натронный	79,7	18,3	17,5	10	125,4	—	6 150	460	265	320
Щелочной sulfитный	66,4	7,4	16,1	16	—	—	8 800	710	310	830
» с NaOH	74,6	13,1	17,6	10	117,9	35	7 700	570	303	500
» »	78,0	13,95	21,7	7	78,9	23	6 300	560	320	350
» с Na ₂ CO ₃	77,2	16,2	17,5	10	113,9	34	6 600	500	303	350
С зеленым щелоком	74,4	16,4	16,0	10	118,2	—	6 900	540	255	600
»	78,3	17,8	18,7	7	78,7	—	6 500	510	280	415

приводит к снижению содержания лигнина в сульфатной и натронной полуцеллюлозе на 4,7 и 5,4 % соответственно при уменьшении выхода на 6,7 и 7,3 %.

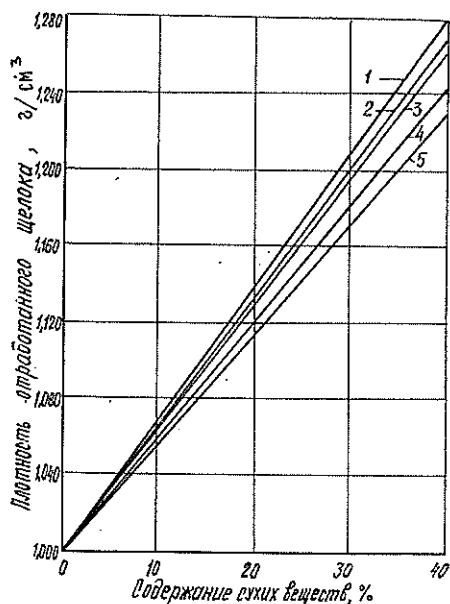
При щелочной сульфитной варке повышение расхода общей щелочи от 7 до 16 % Na₂O позволяет практически вдвое снизить содержание остаточного лигнина в древесном остатке. Количество растворенных углеводов при увеличении расхода с 7 до 10 % Na₂O возрастает на 1,8 и 1,9 % соответственно, при дальнейшем увеличении расхода общей щелочи до 16 % содержание углеводов в древесном остатке снижается лишь на 3,5...4,0 %, отсюда очевидна нецелесообразность использования щелочных варочных растворов с высоким содержанием активной щелочи при получении полуфабриката с выходом более 73...74 %.

Для расчетов процессов регенерации химикатов из отработанных растворов важное значение имеют физические и теплотехнические характеристики щелоков. Один из показателей, позволяющий контролиро-

вать содержание сухих веществ в процессе промывки, выпарки и сжигания, — плотность щелоков.

Из графических зависимостей плотности отработанных щелоков от содержания сухих веществ в интервале концентраций от 0 до 40 % (см. рис.) следует, что плотность содово-натронного щелока в большей степени зависит от содержания сухих веществ, чем плотность моносльфитного щелока. Это, очевидно, объясняется более глубокой деструкцией перешедших в раствор компонентов древесины. Большее значение плотности отработанного моносльфитного щелока, по сравнению с сульфатным и щелочным сульфитным щелоками при одинаковом содержании сухих веществ, объясняется большей долей минеральных веществ. Наименьшее значение плотности отмечено для щелочного сульфитного щелока. Вязкость отработанного содово-натронного щелока несколько ниже, чем сульфатного и щелочного сульфитного.

В табл. 2 представлены данные по составу и теплотворной способности отработанных щелоков от различных щелочных варок ПЦ. Наибольшая доля минеральных веществ в сухом остатке отмечена для моносльфитного щелока, наименьшая — для щелочного сульфитного.



1 — содово-натронный щелок; 2 — содово-сульфитный; 3 — моносльфитный; 4 — сульфатный; 5 — щелочной сульфитный щелок.

Таблица 2

Способ варки ПЦ	Выход ПЦ, %	Содержание сухого вещества в щелоке, %	Зольность, %	Минеральная часть сухого вещества, %	Содержание органических веществ, %	Теплота сгорания (по калориметрической бомбе), кДж/кг
Моносльфитный	74,1	7,8	43,4	43,4	56,4	12 580
Содово-сульфитный	76,0	7,9	44,0	42,8	57,2	13 125
Варка с зеленым щелоком	75,5	7,7	43,1	37,6	62,4	14 420
Содово-натронный	79,0	6,5	43,2	39,6	60,4	12 926
Сульфатный	73,8	7,8	41,9	37,7	62,3	14 567
Щелочной сульфитный	75,0	7,62	35,5	30,4	69,6	16 598

Максимальная теплота сгорания наблюдается для сухого вещества отработанного щелочного сульфитного щелока, что объясняется наименьшей долей минеральной части в нем, а также большим содержанием в органической части щелока продуктов деструкции лигнина, вследствие наилучшей избирательности процесса делигнификации при этом способе варки. Теплота сгорания сухого вещества отработанного содово-сульфитного щелока несколько больше, чем моносльфитного, что объясняется меньшим содержанием минеральной доли в сухом остатке первого щелока. Теплота сгорания сухого вещества отработанного содово-натронного щелока практически равна теплоте сгорания содово-сульфит-

ного щелока и значительно ниже, чем щелоков при сульфатной и щелочной сульфитной варках. Поскольку доля минеральной части в сухом остатке в отработанном содово-натронном щелоке меньше, чем в моносульфитном, одинаковую теплоту сгорания можно объяснить только меньшим относительным содержанием продуктов деструкции лигнина и большим содержанием продуктов деструкции углеводов в органической части отработанного содово-натронного раствора. Реальная разность в значениях теплотворной способности сухого вещества различных отработанных щелоков и содово-натронного щелока меньше за счет того, что восполнение потерь химикатов при всех способах производства, кроме содово-натронного (иногда моносльфитного), производится до их сжигания.

При оценке способов производства ПЦ необходимо учитывать экономичность системы регенерации химикатов из отработанных щелоков и возможность восполнения потерь дешевыми и недефицитными химикатами. Сульфатный и натронный способы имеют хорошо освоенную, но малоэкономичную для полуцеллюлозного производства систему регенерации. Удобными, с точки зрения регенерации химикатов из отработанных растворов, следует считать содово-натронный способ и с зеленым щелоком. Однако применение варки с зеленым щелоком вызывает ряд трудностей, связанных с охраной окружающей среды. Низкий pH щелока в конце варки приводит к выделению H_2S и других серосодержащих соединений из раствора. Повышение pH за счет увеличения расхода общей щелочи или использование щелочных буферных агентов приводит к уменьшению выхода ПЦ. Использование для варки окисленного зеленого щелока или окисление компонентов газовой фазы в конце варки также не нашло практического применения ввиду необходимости установки сложного дополнительного оборудования.

Регенерацию химикатов при использовании содово-натронного способа можно осуществить по следующей простой схеме: выпаривание отработанного щелока — сжигание — растворение плава — добавление к раствору плава свежего каустика.

Основываясь на представленных в работе данных, можно заключить, что наиболее перспективен бессернистый содово-натронный способ варки полуцеллюлозы. Он позволяет значительно повысить выход волокнистого полуфабриката, почти полностью устранить загрязнение окружающей среды и снизить капитальные затраты на регенерацию.

Поступила 29 мая 1986 г.

УДК 676.11.082.1

СОСТАВ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЧЕРНЫХ СУЛЬФАТНЫХ ЩЕЛОКОВ ВАРОК ДРЕВЕСИНЫ ЛИСТВЕННЫХ И ХВОЙНЫХ ПОРОД

Л. В. КОСЮКОВА, Т. И. ПРОХОРЧУК, Е. Н. КИАСОВА,
В. И. СЕДЫХ, А. И. КИПРИАНОВ

ЦНИЛХИ, Ленинградская лесотехническая академия

Проблемы комплексного использования древесного сырья в целлюлозном производстве, а также эффективной очистки промышленных стоков обуславливают необходимость глубокого изучения состава органических веществ отработанных щелоков разного происхождения.

В связи с этим исследован состав органических веществ производственных черных щелоков (ЧЩ) сульфатных варок древесины лиственных и хвойных пород Сыктывкарского ЛПК и Сегежского ЦБК. Средние пробы щелоков отобраны из нижнего расши-

рительного резервуара установок типа Камюр и в выпарном цехе. На листовном потоке Сыктывкарского ЛПК перерабатывают древесину березы и осины с примесью до 10 % хвойных пород, на хвойном потоке — древесину ели и сосны с примесью листовных пород до 10 %; на Сеgezском ЦБК — древесину сосны с примесью листовных пород.

Характеристика черных сульфатных щелоков приведена в табл. 1. Содержание лигнина в них определено по методике Н. Ф. Комшилова [3], нелетучих эфирорастворимых и водорастворимых веществ получено в результате группового разделения органических веществ щелоков по описанной ранее схеме [1]. Обращает внимание закономерно более высокое содержание лигнина и меньшее — летучих кислот в ЧЩ от варок хвойной древесины по сравнению со щелоком из листовенной древесины.

Таблица 1

Черный щелок	Плотность, кг/м ³	рН	Массовая доля в ЧЩ, %					
			сухо-го остатка	зола	летучих кислот	лигнина	нелетучих эфирорастворимых веществ	нелетучих водорастворимых веществ
Листовенного потока Сыктывкарского ЛПК	1 097	11,1	17,7	5,9	2,5	4,6	1,9	3,6
Хвойного потока Сыктывкарского ЛПК	1 109	12,2	21,2	6,4	2,1	6,4	2,1	4,1
Сеgezского ЦБК (1)	1 095	11,8	18,1	5,9	1,9	5,2	2,3	3,0
» » (2)	1 202	11,4	35,5	11,6	3,5	11,1	2,9	6,3

Выделенная при групповом разделении нелетучая часть водорастворимых веществ (НВРВ) исследована методом газожидкостной хроматографии (ГЖХ). Предварительно компоненты фракции переведены в триметилсилиловые эфиры.

Анализ выполнен при следующих условиях: хроматограф «Хром-42» с пламенно-ионизационным детектором; колонка стеклянная (2 500 × 3 мм); сорбент — 5 % силиконового масла SE-30 на хроматоне N—AW—DMCS зернением 0,20... 0,25 мм; программирование температуры колонки от 100 до 220 °С со скоростью 2°/мин; температура испарителя 280 °С; скорость газа-носителя (гелия) 80 мл/мин, водорода 30 мл/мин, воздуха 400 мл/мин; объем вводимой пробы 5... 10 мкл. Способы идентификации компонентов и определения их количественного состава те же, что и в работах [1, 2].

Элюируемая часть НВРВ составляла 47... 49 % от их массы для черных щелоков Сыктывкарского ЛПК и 74 % для щелока Сеgezского ЦБК (2) и содержала алифатические оксикислоты C₂—C₆ с примесью нейтральных соединений (табл. 2).

Идентифицировано 26 компонентов. Моно- и диоксикарбоновые кислоты составляли 37... 46 % от массы элюируемых соединений, полиоксикарбоновые — 34... 41 %, нейтральные — 4... 14 %, причем наибольшая доля последних содержалась в листовном щелоке. Из числа монооксикарбоновых кислот во фракциях НВРВ черных щелоков Сыктывкарского ЛПК преобладали гликолевая, молочная и α-оксимасляная кислоты, которые в сумме составляли третью часть от массы элюируемых компонентов; в ЧЩ Сеgezского ЦБК значительна доля молочной кислоты (25 %), за ней следовали α-оксимасляная и α, δ-диоксивалериановая кислоты; эти три кислоты в сумме достигали 40 % от массы элюируемых соединений.

Среди полиоксикарбоновых кислот НВРВ листовного щелока основными являлись ксилонизосахариновая и β-глюкоизосахариновая кислоты; в хвойных щелоках — β-глюкоизосахариновая и α-глюкоизосахариновая кислоты. Каждая из этих пар полиоксикарбоновых кислот составляла в сумме 25... 30 % от массы элюируемых компонентов. Сле-

Таблица 2

Состав нелетучей части водорастворимых веществ ЧЩ

Компоненты	Массовая доля компонентов, % от суммы элюируемых соединений, в ЧЩ		
	лиственного потока Сыктывкарского ЛПК	хвойного потока Сыктывкарского ЛПК	Сегежского ЦБК (2)
Моно- и диоксикарбоновые кислоты C ₂ — C ₅ :			
гликолевая	11,4	16,4	4,8
молочная	12,9	10,8	24,9
β-оксипропионовая	0,3	0,1	0,2
глицериновая	0,3	1,0	0,2
α-оксимасляная	8,4	5,3	8,1
α, β-диоксимасляная	0,3	1,3	—
α, γ - »	1,8	3,5	0,6
β, γ - »	0,6	1,1	0,2
α, δ-диоксивалериановая	0,6	2,2	7,3
Всего . . .	36,6	41,7	46,3
Полиоксикарбоновые кислоты C ₅ — C ₆ :			
2-метилэритроновая	0,3	—	0,7
α-ксилометасахариновая + арабиноза	1,4	0,9	0,5
β-ксилометасахариновая	0,7	0,6	1,2
ксилоизосахариновая	14,7	2,2	2,0
α-глюкометасахариновая	0,4	1,6	1,8
β - »	0,5	1,3	2,7
α-глюкоизосахариновая	3,8	6,4	7,6
β - »	10,2	18,1	21,9
глюкосахариновая	1,2	—	0,3
3,6-дидезоксиарабиногексоновая	4,0	1,8	1,1
арабионовая	1,8	0,7	1,2
глюконовая	0,3	0,7	0,2
Всего . . .	39,3	34,3	41,2
Двухосновные кислоты:			
щавелевая	1,8	0,3	2,3
Нейтральные соединения:			
глицерин	12,7	3,3	3,1
ксилоза	0,3	0,3	0,2
глюкоза	0,6	2,1	0,7
Всего . . .	13,6	5,7	4,0
Неидентифицированные соединения	8,7	18,0	6,2

довательно, на долю пяти оксикислот в лиственном щелоке приходилось 58 % от массы элюируемых соединений, в хвойных — 57...70 %. Массовая доля глицерина значительно выше в НБРВ лиственного щелока по сравнению с хвойными.

Выделенные при групповом разделении органических веществ щелоков эфирорастворимые вещества (ЭРВ) далее были разделены на 5 фракций: фенолосодержащие (эфиро- и бутанолорастворимые), высших жирных и смоляных кислот (эфиро- и бутанолорастворимые), нейтральных веществ. Фенолосодержащие фракции в сумме достигали 66...70 % от массы нелетучей части ЭРВ. Эти фракции (эфиро- и бутанолорастворимые отдельно) исследованы методом ГЖХ после полной этерификации всех присутствующих в них компонентов (ацетилирование и метилирование [4]).

Анализ проводили на хроматографе «Вырхром-1А» при следующих условиях: неподвижная фаза — 15 % силиконового масла ДС-550 на хроматоне N — AW — ДМС

зернением 0,20...0,25 мм, колонка из нержавеющей стали длиной 3 м с внутренним диаметром 3 мм; программирование температуры от 140 до 240 °С со скоростью 2°/мин; скорость газа-носителя (гелия) 90 мл/мин; температура испарителя 270 °С; температура блока пламенно-ионизационного детектора 250 °С.

Полученные для каждой из фракций данные пересчитаны на условную единую фракцию с учетом массовой доли каждой из них и каждого компонента (табл. 3).

Таблица 3
Состав низкомолекулярных фенольных компонентов ЧЩ

Компоненты	Массовая доля компонентов, % от суммы элюируемых соединений, в ЧЩ		
	лиственного потока Сыктывкарского ЛПК	хвойного потока Сыктывкарского ЛПК	Сережского ЦБК (1)
Фенолы:			
фенол	1,8	0,5	0,1
<i>m</i> + <i>p</i> -крезолы	0,4	0,7	0,4
2,3-ксиленол	0,4	—	—
2,4 + 2,5-ксиленолы	3,9	7,5	9,6
2,6-ксиленол	0,1	0,5	0,5
3,5-ксиленол	0,4	0,6	0,5
гваякол	5,4	8,7	11,4
4-метилгваякол	0,4	0,4	0,3
4-этилгваякол	0,4	0,6	0,6
4-пропилгваякол	0,2	0,2	0,6
эвгенол	0,1	0,4	0,4
<i>цис</i> -изоэвгенол	0,7	0,7	1,0
<i>транс</i> -изоэвгенол	1,0	0,3	—
пирокатехин	0,1	0,5	—
4-метилпирокатехин	0,2	0,7	0,8
гидрохинон	0,1	0,4	—
сирингол	14,4	2,3	3,7
Всего	30,0	25,0	29,9
Альдегидо- и кетофенолы:			
<i>n</i> -оксибензальдегид	0,2	0,1	—
ванилин	4,9	12,3	18,2
сиреневый альдегид	8,4	5,0	1,6
<i>n</i> -оксиацетофенон	0,2	1,7	—
ацетованилон	4,0	9,4	12,2
пропиованилон	1,1	1,1	1,0
ацетосирингон	13,1	3,6	2,5
пропиосирингон	0,5	0,4	0,9
Всего	32,4	33,6	36,4
Фенолокислоты:			
<i>n</i> -оксибензойная	1,4	2,8	2,8
протокатеховая	0,4	3,9	2,1
ванилиновая	4,9	7,4	10,3
гомованилиновая	0,3	0,4	0,1
феруловая	5,3	1,8	0,8
сиреневая	13,2	2,3	2,2
Всего	25,5	18,6	18,3
Фенолоспирты:			
ванилиновый спирт	1,1	0,5	0,4
Неидентифицированные соединения	11,0	22,3	15,0

Элюируемые соединения в суммарной фенолосодержащей фракции, т. е. мономеры, составляли около 30 % для щелоков Сыктывкарского ЛПК и около 20 % для щелока Сережского ЦБК (1); неэлюируемые

соединения достигали соответственно 70...80 %, подтверждая присутствие олигомеров в фенолосодержащих фракциях ЭРВ.

Полученные данные показали, что в массе элюируемых соединений преобладали карбонилсодержащие фенолы, составившие 52...58 %. Причем в листовном щелоке несколько выше доля фенолокислот по сравнению с хвойными и ниже доля альдегидо- и кетофенолов. В группе фенолов идентифицировано 19 компонентов, основными из которых для листовного щелока являлись сирингол и гваякол, в хвойных щелоках — гваякол и 2,4 + 2,5-ксиленолы. В группе альдегидо- и кетофенолов идентифицировано 8 компонентов, основные из которых в листовном щелоке — ацетосирингон и сиреневый альдегид, в хвойных — ванилин и ацетованилон. В группе фенолокислот идентифицировано 6 компонентов, из числа которых в листовном щелоке преобладали сиреневая, феруловая и ванилиновая кислоты; в хвойных — ванилиновая и протокатеховая кислоты.

В целом в массе элюируемых фенолов листовного щелока преобладали сирингол и его производные (сирингол, сиреневый альдегид, ацетосирингон, сиреневая кислота составляли в сумме 49,1 % от массы элюируемых компонентов), в тех же фракциях хвойных щелоков преобладали гваякол и его производные (гваякол, ванилин, ацетованилон, ванилиновая кислота в сумме составляли 37,8...52,1 %). Полученные данные убедительно свидетельствуют о влиянии сырьевого фактора на состав фенолов черных щелоков.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Водорастворимые вещества сульфатных щелоков. 1. Исследование качественного состава водорастворимых веществ черных щелоков, полученных при варке древесины листовных пород/ Л. В. Косюкова, Н. В. Галянова, Л. П. Полякова и др.// Химия древесины.— 1981.— № 5.— С. 82—87. [2]. Водорастворимые вещества сульфатных щелоков. 2. Количественное определение водорастворимых веществ/ Л. В. Косюкова, Н. В. Галянова, Л. П. Полякова и др.// Химия древесины.— 1981.— № 5.— С. 88—91. [3]. Сульфатный черный щелок и его использование/ Н. Ф. Комшилов, М. Н. Летоняки, Л. Г. Пилюгина и др.— М.: Лесн. пром-сть, 1969.— 184 с. [4]. Эфирирастворимые вещества сульфатных черных щелоков. 1. Исследование состава низкомолекулярных фенольных компонентов/ Л. В. Косюкова, Л. Д. Низякова, А. И. Киприанов, Т. И. Прохорчук// Химия древесины.— 1980.— № 3.— С. 81—86.

Поступила 28 августа 1986 г.

УДК 626.394

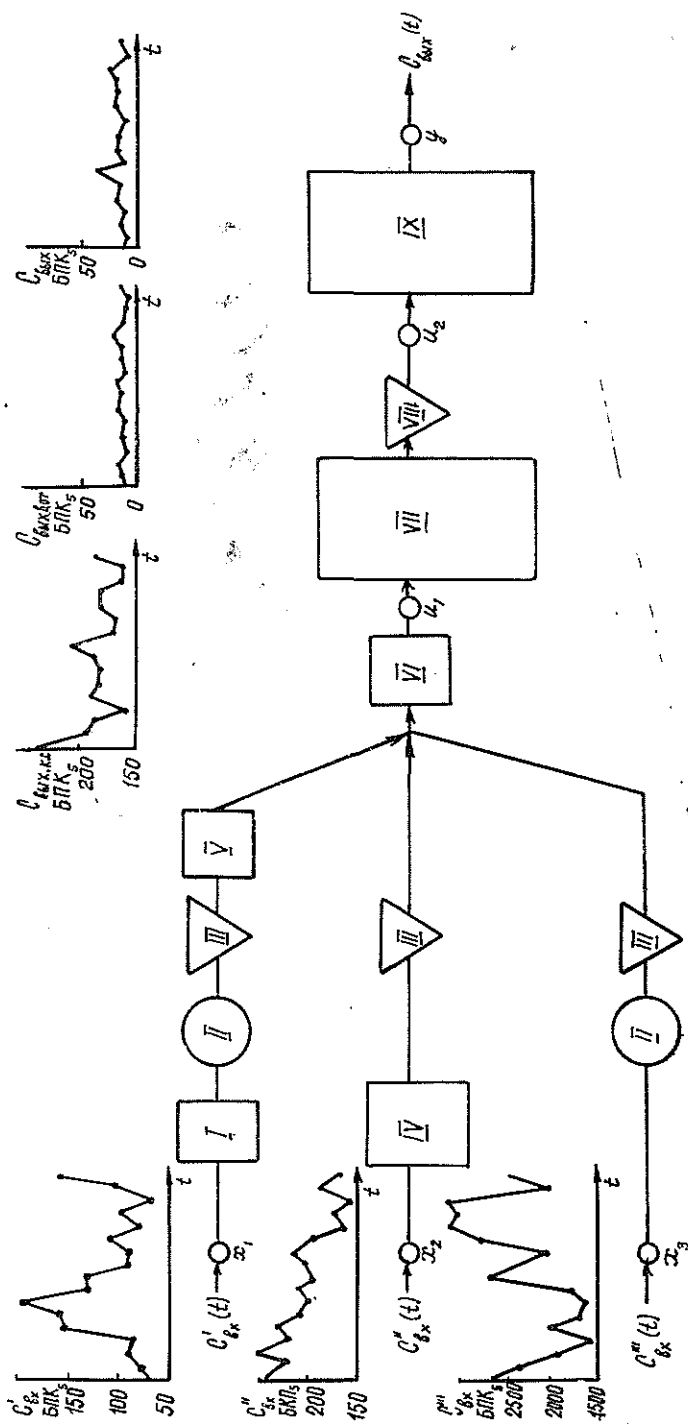
ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД СУЛЬФАТ-ЦЕЛЛЮЛОЗНОГО ПРОИЗВОДСТВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РЕГРЕССИОННЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ

Г. Ю. МЕТЕЛКИНА, А. И. ШИШКИН

Ленинградский технологический институт ЦБП

Для обоснования выбора и оптимизации водоохраных мероприятий в целлюлозно-бумажной промышленности (ЦБП) необходимо прогнозировать качество воды водного объекта и обосновать предельно допустимый сброс (ПДС) сточных вод. При прогнозировании могут быть использованы детерминированные или стохастические модели.

В настоящее время вероятностные модели прогноза эффекта очистки сточных вод применяют редко, так как обычно нет информации о распределении случайных значений исследуемых параметров. Концентрации показателей качества воды имеют все свойства случайных величин, поэтому для оценки качества сточной и речной воды необходимо, в первую очередь, определить закон распределения исследуемых показателей.



Принципиальная схема внеплощадочных очистных сооружений Соломбальского ЦБК.

I — здание решеток; II — песколоки; III — первичные отстойники; IV — усреднитель; V — контактный резервуар; VI — камера смешения; VII — аэротенк; VIII — вторичные отстойники; IX — пруды; x_1, x_2, x_3, u_1, u_2 — точки контроля; x_1, x_2, x_3 — концентрация веществ соответственно в хозяйственных стоках, промстоках СЦБК и гидрозонного завода, поступающих на очистку; u_1 — концентрация веществ в стоках после камеры смешения; u_2 — концентрация веществ в стоках после аэротенков и вторичных отстойников; y — концентрация веществ в стоках после прудов (сброс в водоем).

С целью построения гибких математических моделей, позволяющих оптимизировать технологические процессы очистки сточных вод, были изучены распределения показателей качества сточной и речной воды в

районе сброса сточных вод Соломбальского целлюлозно-бумажного комбината (СЦБК). Для исследуемых показателей качества воды было установлено существование достаточно устойчивых вероятностных законов распределения, что дает основу для использования необходимых статистических методов.

Выявлено, что показатели качества сточной и речной воды в основном подчиняются закону нормального и логарифмически нормально-го распределения. На основании значений кривых распределения были построены кривые обеспеченности показателей качества сточной и речной воды. Применение кривых обеспеченности для характеристики качества воды имеет большое практическое значение, особенно при определении допустимых концентраций в сточных водах.

На рисунке показаны принципиальная схема внеплощадочных очистных сооружений СЦБК, исследуемые точки контроля показателей сточной воды и динамика концентрации показателя: биохимическое потребление кислорода за пять суток (BPK_5 , мг/л) по стадиям очистки.

В табл. 1 представлены исследуемые показатели качества промстоков СЦБК, Архангельского гидролизного завода и хозяйственно-бытовых стоков, приведены изменения концентрации загрязняющих веществ в процессе очистки и эффективности каждой ступени очистки на внеплощадочных очистных сооружениях. Показатели биологически очищенных сточных вод (табл. 1) в основном подчиняются закону нормального распределения, который может быть использован как модель распределения эмпирических данных при имеющемся числе наблюдений.

Таблица 1

Показатели	Значение показателей для сточных вод				
	после механической очистки	после аэротенков и вторичных отстойников	Эффект очистки, %	после прудов-аэраторов	Эффект очистки, %
BPK_5	179,7	17,4	90,3	20,9	88,4
ХПК	429,8	175,3	59,2	178,76	58,4
Азот общий	21,7	10,9	49,7	13,7	36,9
Азот аммонийный	34,1	6,3	81,5	9,0	73,6
Взвешенные вещества	194,2	33,9	82,5	52,1	73,2
Сульфаты	238,9	221,1	7,45	205,1	14,1
Железо	5,7	0,8	85,9	0,7	87,7
Скнипидар	1,3	0,5	61,5	0,44	66,2
Фенол	1,2	0,1	91,7	0,097	91,9
Метанол	16,9	0,9	94,7	0,96	94,3
СПАВ	0,62	0,2	67,8	0,18	70,9

Анализ эффективности работы каждого блока очистных сооружений позволяет ориентировать водоохранные мероприятия в наиболее рациональном направлении.

С целью прогнозирования качества биологически очищенных сточных вод в зависимости от эффективности работы каждого блока очистных сооружений мы использовали в работе методы регрессионного и факторного анализов [1, 2].

Исследование ограничений, лежащих в основе регрессионного анализа, показало, что этот анализ весьма чувствителен к выполнению исходных предпосылок. Наиболее существенные ограничения его при определении вход-выходных зависимостей сложных процессов очистки сточных вод — необходимость измерения входных параметров объекта без существенных ошибок и отсутствие значительных корреляционных связей между всеми входами. Ошибки измерения искажают оценива-

Идентификация модели (3) для некоторых репрезентативных загрязняющих веществ показана в табл. 2.

Таблица 2

Факторно-регрессионные зависимости параметров внеплощадочной очистки сточных вод

Показатели	Нормированное уравнение регрессии факторного анализа
ХПК	$y = 0,049x_1 - 0,0425x_2 + 0,035x_3 - 0,099u_1 + 0,915u_2$
Азот общий	$y = 0,056x_1 + 0,067x_2 + 0,143x_3 + 0,342u_1 + 0,355u_2$
Азот аммонийный	$y = 0,002x_1 - 0,14x_2 - 0,036x_3 - 0,034u_1 + 0,834u_2$
Взвешенные вещества	$y = 0,233x_1 + 0,649x_2 - 0,217x_3 + 0,302u_1$
Сульфаты	$y = 0,079x_1 + 0,216x_2 + 0,217x_3 + 0,290u_1 + 0,304u_2$
Хлор	$y = 0,939u_2$
Железо общее	$y = 0,065x_1 + 0,092x_2 - 0,209x_3 + 0,062u_1 + 0,018u_2$
Фенол	$y = 0,049x_2 + 0,946u_2$
Скнипидар	$y = 0,399x_1 + 0,584x_2 + 0,035x_3 + 0,139u_1 - 0,008u_2$
Метанол	$y = 0,963x_1 + 0,012x_2 - 0,569x_3 + 0,286u_1 + 0,018u_2$
СПАВ	$y = 0,035x_1 + 0,636x_2 + 0,237x_3 + 0,046u_1 + 0,019u_2$

Анализ уравнений (табл. 2) показал почти полное соответствие полученных результатов с имеющимися на внеплощадочных сооружениях зависимостями и позволил сделать выводы относительно влияния отдельных блоков на основные выходные параметры. При наличии ошибок измерения и существенной корреляции входных переменных регрессия факторного анализа позволила получить более надежные и достоверные оценки коэффициентов регрессии.

Проверка значимости уравнений показала, что уравнения адекватно описывают экспериментальные данные при 5 %-ном уровне значимости.

Полученные уравнения можно рекомендовать для анализа работы каждой ступени очистки на внеплощадочных очистных сооружениях и для прогнозирования качества сбрасываемой очищенной сточной воды в водный объект.

С целью изучения влияния сточных вод на качество воды в водном объекте проводили многолетние комплексные исследования в районе сброса сточных вод на участке длиной 26 км. Изучены закономерности разбавления и определены зоны перемешивания сточных вод при различных соотношениях расхода основного стока к расходу сточных вод.

Произведена количественная оценка уровня загрязненности речного стока по интегральным показателям.

Для прогноза влияния сточных вод на качество речной воды были построены многофакторные модели взаимодействия сточных и природных вод на основе методов канонического и факторного анализов. Построены обобщенные индексы качества воды для фонового створа сточных вод и контрольного створа [3], между этими индексами существует очень тесная связь. На основе исследования эмпирических данных построены математические модели, которые с содержательной и формальной точек зрения наилучшим образом прогнозируют показатели качества воды.

Главная цель получения зависимостей — изучение работы основных блоков внеплощадочных очистных сооружений СЦБК, принимающих промстоки сульфат-целлюлозного производства, гидролизного производства и хозяйственно-бытовые стоки, и прогнозирование качества очищенных сточных вод, сбрасываемых в водный объект. Регрессионные модели можно также использовать для оптимизации и управления параметрами внеплощадочной очистки сточных вод предприятий целлюлозно-бумажной промышленности.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Дубровский С. А., Зейгер Е. М., Френкель А. А. Факторный анализ. Методы и приложения // Многомерный статистический анализ в социально-экономических исследованиях.— М.: Наука, 1974.— 1974.— С. 229—293. [2]. Иберла К. Факторный анализ.— М.: Статистика, 1980.— 398 с. [3]. Шишкин А. И., Метелкина Г. Ю. Обоснование репрезентативных показателей влияния сточных вод на природные с помощью факторного анализа // Рациональное использование природных ресурсов и охрана окружающей среды.— Л.: ЛПИ, 1984.— Вып. 7.— С. 24—28.

Поступила 30 июня 1986 г.

УДК 628.314.2

ЭКСПРЕСС-АНАЛИЗ ОКРАШЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД ПРЕДПРИЯТИЙ ХИМИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ДРЕВЕСИНЫ НА СОДЕРЖАНИЕ ВЗВЕШЕННЫХ И КОЛЛОИДНЫХ ЧАСТИЦ

А. В. ФЕДИН, Г. П. ФЕДИНА

Днепропетровский медицинский институт
Днепропетровский государственный университет

Известные методы [3, 5] оценки эффективности удаления твердых взвешенных частиц из выходящих из очистных сооружений сточных вод основаны на измерении интенсивности рассеянного света с помощью специальной аппаратуры и оборудования. Для интенсивно окрашенных сточных вод предприятий химической переработки древесины эти методы непригодны.

Цель нашей работы — найти оптические экспрессные методы проверки полноты очистки окрашенных сточных вод от коллоидных и взвешенных частиц с помощью обычного оборудования заводских лабораторий.

При проведении фотометрических измерений в той области спектра, где поглощение раствором велико, можно принять [9], что рассеянный свет с длиной волны, отличной от волны монохроматического света, не поглощается данным веществом. В этом случае наблюдаемая оптическая плотность (ОП) A' отличается от истинной A

$$A' = A - \lg \frac{100 - U(1 - 10^A)}{100}, \quad (1)$$

где U — уровень рассеянного света, %.

Из уравнения (1) следует, что при коллоидном состоянии раствора $A' < A$. На этом основан предлагаемый метод определения уровня рассеянного света частицами раствора из соотношения

$$U = \exp_{10}(2 - A_{max}). \quad (2)$$

Здесь A_{max} — предельное значение оптической плотности коллоидного раствора, достигаемое при использовании кюветы с большой толщиной поглощающего слоя жидкости.

Следовательно, для экспериментального определения уровня рассеянного раствором света достаточно вычислить предельное значение ОП раствора. Для этого измеряют ОП исследуемого раствора A_i в нескольких кюветах с различной толщиной слоя жидкости l_i [4] и находят величину A_{max} , численно равную котангенсу угла наклона прямой [6]:

$$l_i A_i^{-1} = G + A_{max}^{-1} l_i. \quad (3)$$

Погрешность в определении уровня рассеянного света S_U^2 зависит лишь от погрешности величины A_{max} ($S_{A_{max}}^2$). Поэтому формулу для оценки погрешности можно получить в аналитическом виде, дифференцируя выражение (2):

$$S_U^2 = n \frac{\ln 210}{n-2} \frac{U^2 A_{max}^4}{n \sum_{i=1}^n l_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n l_i \right)^2} \sum_{i=1}^n \left(\frac{l_i}{A_i} - G - \frac{l_i}{A_{max}} \right)^2, \quad (4)$$

где n — число измерений.

Расчеты по громоздким формулам (1)—(4) целесообразно проводить на микроЭВМ типа «Электроника БЗ.34». В этом случае в микроЭВМ вводят лишь величины A_i , считываемые непосредственно со шкалы прибора (фотоэлектроколориметр, спектрофотометр и т. д.). Время проведения расчета величины U и погрешности в ее определении S_U при использовании до десяти кювет с различной толщиной слоя жидкости и время, затраченное на ввод исходных данных, не превышает в общей сложности 3—5 мин.

Если $U > 3tS_U$ (t — квантиль Стьюдента [8, 14]), то величина уровня рассеяния света исследуемым раствором статистически значима, и, следовательно, раствор содержит коллоидные частицы. В противном случае величина U настолько мала, что не превышает утроенное значение ошибки в ее определении и считается статистически незначимой, «статистическим нулем».

Из выражения (4) следует первое ограничение предлагаемого метода: измерения ОП исследуемого раствора должны проводиться не менее чем в трех кюветах различной толщины. Второе ограничение заключается в необходимости измерять ОП раствора в области максимального поглощения света раствором, что может привести к измерениям очень больших ОП с неизбежной при этом потерей точности. Наконец, точность расчетов предлагаемым методом зависит от выполнения принятого постулата о прозрачности исследуемого раствора для рассеянного света.

Таблица 1

$l_i \cdot 10^3$, см	$A_i \cdot 10^3$ для образца					
	1 ($\lambda_{max} \approx 470...490$ нм)		2 ($\lambda_{max} \approx 485...505$ нм)		3 ($\lambda_{max} \approx 530...540$ нм)	
	Исходный раствор	Очищенный раствор	Исходный раствор	Очищенный раствор	Исходный раствор	Очищенный раствор
52,2	37	38	14	14	8	8
108,0	74	78	29	30	16	16
308,0	190	222	82	84	45	46
506,3	284	362	131	137	72	76
1 006,0	462	709	248	268	136	152
2 006,0	680	1 370	452	517	248	298
3 011,0	803	—	621	753	341	443
5 015,0	932	—	891	1 190	488	727
10 041,0	1 063	—	1 320	2 090	722	1 400

В табл. 1, 2 приведены результаты измерений и статистические характеристики величин ОП трех образцов сточных вод до и после очистки от взвешенных и коллоидных частиц. Интенсивная окраска растворов делает затруднительным применение обычных методов контроля очистки [1, 3, 5], а коллоидное состояние мешает использованию

очищенных сточных вод в замкнутом цикле и не позволяет по санитарным нормам проводить их сброс в природные водоемы.

Таблица 2

Показатель	Значение показателя для образца					
	$\lambda_{max} \approx 470 \dots 490$ нм		$\lambda_{max} \approx 485 \dots 505$ нм		$\lambda_{max} \approx 530 \dots 540$ нм	
	Исходный раствор	Очищенный раствор	Исходный раствор	Очищенный раствор	Исходный раствор	Очищенный раствор
$U, \%$	5,69	$2,74 \cdot 10^{-21}$	0,280	$2 \cdot 10^{-7}$	4,21	$2,32 \cdot 10^{-17}$
A_{max}	1,25	22,6	2,55	8,68	1,38	18,6
$S_{A_{max}}$	$2,010 \cdot 10^{-3}$	$2,0 \cdot 10^{-3}$	$2,3 \cdot 10^{-3}$	$4,0 \cdot 10^{-3}$	$6,4 \cdot 10^{-3}$	$7,2 \cdot 10^{-3}$
$3S_U$	0,12	$2,0 \cdot 10^{-20}$	0,03	$4,4 \cdot 10^{-7}$	0,35	$4,0 \cdot 10^{-16}$

Из данных табл. 1, 2 видно, что после очистки растворов значение уровня рассеянного света становится статистически незначимым. Это означает, что возможная степень коллоидности очищенного раствора настолько мала, что на фотометрических измерениях она не сказывается. Другим методом с использованием мутномера Вейлиса [2] также была получена «нулевая мутность» для очищенного раствора.

Предложенный рядом авторов [1, 2] фотометрический метод не требует применения специальных приборов и может быть реализован на обычном фотоэлектроколориметре. Однако с помощью этого метода невозможно отдельно определить взвешенные и крупные коллоидные частицы. Предлагаемый нами экспресс-метод позволяет визуально регистрировать присутствие в растворе частиц по наличию на экране движущихся дифракционных картин, получаемых с помощью пучка лазера.

В отличие от других работ по лазерной спектроскопии коллоидных систем [15, 17], направленных на изучение взаимодействия лазерного излучения с ансамблем хаотически расположенных монодисперсных частиц, предлагаемый нами метод дает возможность контролировать отдельные коллоидные частицы, которые указывают на состояние растворов.

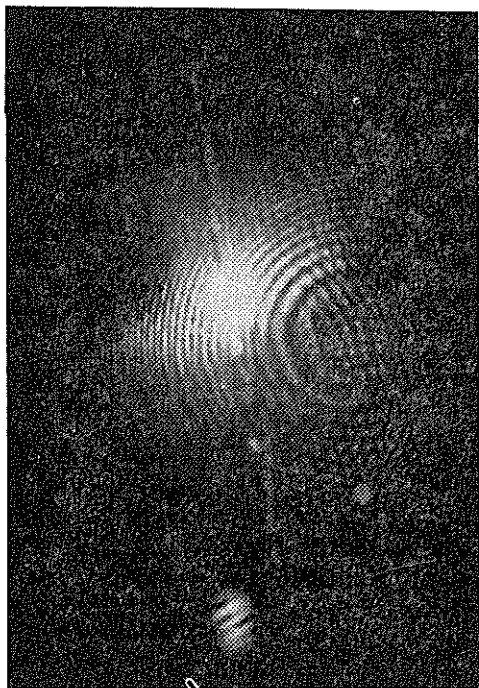
При попадании отдельной коллоидной частицы в фокус лазерного пучка можно ограничиться регистрацией первого дифракционного минимума [11, 13]. Тогда размер частицы r связан с угловым распределением рассеянного света соотношением

$$\operatorname{ctg}^2 \varphi = \left(\frac{r}{0,61\lambda} \right)^2 - 1, \quad (5)$$

следовательно, действительные углы рассеяния реализуются при $r \geq 0,61\lambda$.

Так как интервал длин волн излучения разработанных к настоящему времени лазеров охватывает 220—10 600 нм [7, с. 338], то предлагаемый метод позволяет регистрировать присутствие в растворе частиц в интервале $(0,13 \dots 6,5) \cdot 10^3$ нм в зависимости от типа лазера. Это достаточно широкий диапазон размеров частиц в сточных водах предприятий химической переработки древесины. В частности, для пучка наиболее дешевого и распространенного гелий-неонового лазера размер регистрируемых частиц должен быть не менее 380 нм. Названный лазер наиболее пригоден для контроля растворов различных оттенков красного цвета.

Описанным методом были исследованы названные выше промышленные растворы. Для этого использовали установку, состоящую из ла-



Дифракционная картина отдельной коллоидной частицы. (Фотопленка 65 ГОСТ 20 DIN ASA; экспозиция 1/50 с).

к отсчету числа частиц (регистрируемых дифракционных картин) в течение 2—3 мин. При необходимости иметь распределение частиц по размерам проводят фото- или киносъемку дифракционных картин.

С помощью ультрамикроскопа ВДК-4, регистрирующего частицы меньших размеров, чем по предлагаемому методу, установлено наличие коллоидных частиц во всех четырех рассматриваемых растворах. Однако в очищенном растворе количество частиц оказалось сравнимым с количеством частиц в природной воде [2, 5]:

Природная вода	$2,6 \pm 0,8 \cdot 10^4$ шт. см ³ /мин
Очищенный раствор	$8,1 \pm 0,9 \cdot 10^4$ шт. см ³ /мин

Оба предлагаемых метода дают согласующиеся результаты и позволяют провести анализ интенсивно окрашенных сточных вод в течение короткого времени.

Для стандартизации работы очистных сооружений предприятий химической переработки древесины большое значение имеет использование стандартных образцов очищенных сточных вод. В этом случае качество очистки стоков может быть установлено из сравнения оптических характеристик последних с внутренним (вторичным) эталоном сточной воды. Объективную оценку различий эталона и исследуемого образца сточной воды дает использование методов факторного анализа [12, 16].

Практическая реализация предлагаемого способа сводится к измерению оптических плотностей эталона и образца при нескольких длинах волн, например, при использовании нескольких светофильтров обычного фотоэлектроколориметра. Если полученные данные располо-

зера, фокусирующей линзы, кюветы с исследуемым раствором и регистрирующей части (белый экран или фотокамера). Попадающая в фокус лазерного луча отдельная коллоидная частица проявляет себя на экране в виде движущихся концентрических светлых и темных колец (см. рис.). Оказалось, что в случае исходных растворов имеет место непрерывно меняющаяся, подобная голограмме картина, состоящая из множества перекрывающихся дифракционных картин от множества коллоидных частиц. Лишь для очищенных растворов число регистрируемых частиц не превышает 10—15 шт./мин, что по санитарным нормам отвечает требованиям, предъявляемым к очищенным сточным водам. Результаты, полученные предлагаемыми методами, согласуются с выводом о практически истинном состоянии очищенных растворов.

Реализация метода сводится к отбору пробы жидкости в кювету, которую устанавливают в кассету оптической скамьи, и

жены в виде матрицы оптических плотностей (МОП), и эта матрица имеет ранг 1, то образец сточной воды и эталон не различаются значимо. При недостаточной очистке стоков МОП имеет ранг 2. Ранг МОП определяется сравнением заданного уровня остаточного стандартного отклонения S_a , характеризующего допустимое при данной технологии очистки стоков различие эталона и образца, с величиной S_k [10]:

$$S_k = \left(\frac{1}{n-1} (tr 1/2 MM^* - L_{max}) \right)^{1/2}, \quad (6)$$

где n — количество используемых длин волн;

L_{max} — наибольшее собственное значение второго момента матрицы.

При $S_k < S_a$ ранг МОП равен 1, т. е. сравниваемые растворы не различаются с заданной степенью точности S_a . С усовершенствованием технологии требования к качеству очистки стоков могут ужесточаться, что количественно выражается в уменьшении S_a . Более того, величина S_a , для которой факторизация МОП приводит к единичному рангу, может служить показателем в системе мероприятий по охране окружающей среды и объективным признаком качества работы очистных сооружений нескольких предприятий.

Ниже приведен пример МОП, полученной для внутреннего стандарта сточной воды (1-я строка), исследуемого образца: два параллельных измерения (2- и 3-я строки) и средние значения (4-я строка) ($\lambda = 400...580$ нм; $A \cdot 10^3$; $l = 1,0$ см):

59	93	150	184	260	381	550	728	880	990	1080	1157	1265	1312	1300	1245
63	98	197	195	275	400	578	760	920	1030	1139	1209	1321	1376	1366	1245
61	95	133	186	261	384	552	730	880	990	1065	1155	1262	1303	1285	1234
54	85	121	171	245	360	540	695	840	950	1038	1108	1212	1258	1248	1200

$S_k = 0,0107.$

Следовательно, оптические плотности сравниваемых растворов не различаются на величину стандартного отклонения единичного измерения $S_a \approx 0,01$. Различие между образцом сточной воды и эталоном статистически незначимо, и очистку следует считать удовлетворительной.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Антонова О. Я. Метрологическая оценка методик определения мутности питьевой воды// Контроль качества очистки природных и сточных вод.— М., 1983.— С. 31—38. [2]. Инструкция по определению физико-химических и технологических показателей качества воды и реагентов, применяемых на водопроводах/ Под ред. Л. Г. Бальяна.— М.: Стройиздат, 1973.— 256 с. [3]. Контроль качества очистки природных и сточных вод.— М.: Недра, 1983. [4]. Немодрук А. А. Особенности применения коллоидообразующих органических реагентов в фотометрических методах анализа// Органические реагенты в аналитической химии: Тез. докл.— М.: ГЕОХИ, 1971.— 113 с. [5]. Справочник по свойствам, методам анализа и очистке воды/ Л. А. Кульский, И. Т. Гороновичский, А. М. Кочановский, М. А. Шевченко: В 2 ч.— Киев: Наукова думка, 1980.— Ч. 1—2. [6]. Федин А. В., Федина Г. П., Ямпольский М. З. Исследование равновесий процессов комплексообразования в системах триоксифлуорон-гелонид металла — борная кислота// ЖОХ.— 1979.— Т. 50.— № 7.— С. 1611—1620. [7]. Физический энциклопедический словарь/ Под ред. А. М. Прохорова.— М.: Сов. энциклопедия, 1984.— 944 с. [8]. Doerffel K., Eckschlagler K. Optimale Strategien in der Analytik.— Leipzig, 1981.— 246 S. [9]. Felder B. Über die Teilchengrößenabhängigkeit der Lichtabsorption in heterogenen Systemen. 1. Theoretische Betrachtungen// Helv. Chim. Acta.— 1964.— Vol. 47.— N 2.— S. 488—497. [10]. Haldna Ü., Murshak A. Faktor analysis applied to the UV absorption spectra. 1. Digital simulation models for algorithms tests.— Изв. АН ЭССР. Химия, 1983.— Т. 32.— № 1.— С. 47—51. [11]. Laue H. Die Beugungserscheinungen an vielen unregelmäßig verteilten Teilchen.— Berl. Ber., 1914.— S. 1144—1163. [12]. Malinowski E. R., Howery D. G. Factor Analysis in Chemistry.— Wiley — Interscience, New-York, 1980. [13]. Rayleigh T. W. On images formed without reflection or refraction// Phil. Mag.— 1881.— Vol. 11.— P. 214—218; Sci. Pap. Cambr. Univ. Press.— 1899.— Vol. 1.— P. 513—517. [14]. Rogers A. R. The analyst and Statistician // Anal. Proc., 1980.— Vol. 17.— N 5.— P. 183—186. [15]. Van. Iron (III) complexes with polyalcohols/ W. Schneider, I. Erni, D. Hametner a. o.// Biochem. and Physiol. Iron.: Proc. 5. Int. Conf. Proteins Iron Storage and Transp., San Diego, Calif., 24—26 Aug. 1981.— New-York e. a., 1982.— P. 721—722. [16]. Weber E. Einführung in die Faktorena-

nalyse.— VEB Gustav Fischer Verlag, Jena, 1974. [17]. Z e n b r o d A. Lasermesverfacher// Messen, Steuern und Regeln Chem. Techn.,— Berlin e. a., 1980.— Bd. 2.— S. 561—571.

Поступила 12 февраля 1986 г.

УДК 676.086.782 : 630

ПОЛУЧЕНИЕ УГЛЕВОДИСТЫХ КОРМОВ ИЗ ОТХОДОВ ДРЕВЕСИНЫ

С. И. ЛАДИНСКАЯ, З. М. НАУМЕНКО

Брянский технологический институт

Большую роль в укреплении кормовой базы животноводства, пополнении ее различными кормами и питательными веществами могут сыграть разнообразные отходы, образующиеся при переработке древесины. Массовость и доступность лесных ресурсов, их естественная возобновляемость, возможность круглогодичного использования позволяют рассматривать их как дополнительную сырьевую базу для кормов [1].

В нашей стране и за рубежом ведутся интенсивные поиски путей обеспечения животноводства необходимыми ресурсами легкоперевариваемых углеводов. Широкое применение получили технологии производства свекловичной, тростниковой и других меласс. Большое внимание уделяется ликвидации углеводного дефицита в кормах за счет использования полисахаридосодержащего растительного сырья, в частности, древесины и разнообразных отходов ее заготовки и переработки [4].

Отходы древесины, содержащие до 70 % углеводов,— потенциальные источники энергии для жвачных животных, однако без предварительной обработки их можно использовать рубцовой микрофлорой только в небольших количествах из-за высокого уровня в них лигнина, находящегося в физико-химической связи с целлюлозой. Этот комплекс особенно прочен в древесине, поэтому важной задачей является разработка методов повышения переваримости питательных веществ, содержащихся в древесине.

Особого внимания заслуживает разработка методов осахаривания древесного сырья, превращение его в питательный углеводистый корм с повышенным содержанием моносахаридов. Один из наиболее перспективных способов получения легкодоступных углеводов — гидролиз полисахаридов. С точки зрения выбора технологических приемов переработки древесного сырья на корм, важное значение имеет его характеристика: содержание целлюлозы и лигнина, соотношение легко- и трудногидролизуемых фракций, пентоз и гексоз.

Существующие способы осахаривания древесных отходов основаны на различных условиях проведения реакции гидролиза для гемицеллюлоз и целлюлоз. Гемицеллюлозы легко гидролизуются без катализаторов при повышении температуры до 100 °С и давлении до 0,2 МПа, целлюлоза же без катализаторов практически не гидролизует даже при 200 °С.

В качестве сырья для получения осахаренных кормов можно использовать любые виды целлюлозосодержащих отходов: стружку, опилки, ветки, кору, древесное волокно, торф и др.

В табл. 1 представлены данные о содержании легкогидролизуемых (ЛГ) и трудногидролизуемых (ТГ) полисахаридов в различных отходах.

По данным табл. 1, содержание полисахаридов в отходах колеблется от 30 до 70 %. Соотношение легко- и трудногидролизуемых фракций сильно меняется в зависимости от вида отходов. Древесные отходы

Таблица 1

Отходы	Содержание в отходах полисахаридов, % на абс. сухое сырье,	
	легкогидролизуемых (ЛГ)	трудногидролизуемых (ТГ)
Опилки осиновые	16,3...17,4	39,6...43,0
» березовые	22,0...25,9	39,1...42,5
» еловые и сосновые	15,8...17,2	44,1...47,9
Ветви (ивы, ольхи, березы):		
одногодичные	17,2...19,2	28,1...30,2
трехгодичные	17,5...18,8	33,1...36,0
Кора еловая	16,2...16,6	32,9...46,6
Древесное волокно (хвойные и лиственные породы 1:1)	17,5...18,4	43,5...47,1

лиственных пород по сравнению с хвойными содержат большее количество ЛГ фракций.

Решающую роль в достижении высокого уровня осахаривания играет содержание в исходном сырье ЛГ полисахаридов. Повышенным содержанием ЛГ полисахаридов характеризуются кора и однолетние ветви хвойных и лиственных пород. У многолетних ветвей содержание ТГ полисахаридов увеличивается, а у древесины достигает максимума.

Наиболее распространенный и освоенный промышленностью способ осахаривания древесного сырья — его гидробаротермическая обработка. Сущность этого способа заключается в воздействии на увлажненное сырье пара повышенного давления и температуры. Под действием температуры отделяются ацетальные группы и образуется уксусная кислота, являющаяся катализатором процесса гидролиза ЛГ полисахаридов, в основном пентоз, до моносахаридов.

С 1981 г. на Котласском ЦБК работает цех по получению осахаренных древесных кормов. Гидротермическая обработка древесной щепы, предварительно увлажненной слабым раствором кислоты, производится в дефибраторах при давлении 1,2—1,5 МПа и температуре 180—190 °С. Работают десятки цехов по осахариванию соломы указанным способом в автоклавах [2]. С 1978 г. на Бокситогорском заводе работает цех по осахариванию торфа. Гидробаротермическую обработку торфа производят в автоклавах при температуре 170...180 °С и давлении 1,2...1,3 МПа [3].

Гидробаротермическая обработка целлюлозосодержащих отходов может осуществляться в автоклавах вертикального и горизонтального действия, в экструдерах, дефибраторах и других аппаратах повышенного давления.

Технологический процесс осахаривания целлюлозосодержащего сырья складывается из следующих основных операций: измельчение, увлажнение, выдержка при высоких температурах и давлении, подготовка к скармливанию.

В зависимости от вида используемого сырья его дополнительно измельчают до размера частиц 2...6 мм, опилки используют в натуральном состоянии. Процесс гидролиза гемицеллюлоз проходит более полно, если влажность обработанного сырья не менее 65...70 %. Частично сырье доувлажняется образующимся конденсатом при выходе аппарата на рабочие параметры, влажность сырья в процессе прогрева аппарата поднимается на 5...10 %, поэтому исходная влажность должна быть 55...65 %. Увлажнение сырья производят в специальном смесителе или дозированной подачей воды в аппарат при загрузке в него древесного сырья. Гидробаротермическую обработку сырья производят при давлении 4...20 атм, температуре 130...210 °С, времени воздействия от 5 мин до 4 ч в зависимости от аппаратного оформления процесса. По окончании процесса осахаривания сырья и сбросе давления из аппарата сливают конденсат. Ввиду того, что в конденсате содержатся питательные вещества (сахара, минеральные вещества, витамины, протеин), его можно использовать в качестве кормовой добавки для спайвания животным [2], можно выращивать на нем кормовые дрожжи или использовать для увлажнения исходного сырья.

Полученный осахаренный древесный корм можно непосредственно скармливать животным в виде смесей с другими кормами или подвергать сушке [5].

Опыты по осахариванию проводили с осиновыми, березовыми и хвойными древесными опилками, еловой корой и древесным волокном в автоклавах с электрообогревом емкостью 5...10 л. Сырье увлажняли в отдельном смесителе, добавляя определенное количество воды, и загружали вручную в контейнеры. Продолжительность выхода на рабочие параметры 10...20 мин с двумя сдвухами.

Характеристика осахаренного корма дана в табл. 2, содержание фурфурола во всех видах сырья после обработки 0,04... 0,08 %, что ниже предельно допустимых величин по ГОСТу (0,01 %).

Таблица 2

Отходы	Технологические параметры		Содержание сахаров в гидробаротермически обработанных древесных отходах при продолжительности обработки, ч					
	T, °C	P, атм	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0
Опилки осиновые	145	6	4,06	5,22	6,53	8,03	6,00	5,00
159	8	—	—	8,74	—	8,15	—	—
» сосновые и еловые	145	6	—	5,03	—	7,90	6,53	—
159	8	—	—	9,08	—	8,94	—	—
» березовые	145	6	—	—	5,50	7,94	7,84	—
159	8	—	—	8,54	—	8,81	—	—
Ветви одногодичные (ивы, ольхи, березы)	135	4	—	—	—	6,15	6,90	—
145	6	—	—	8,75	—	9,94	10,84	—
159	8	—	—	11,05	—	10,90	—	—
Ветви трехгодичные (ивы, ольхи, березы)	135	4	—	—	—	—	5,15	—
145	6	—	—	—	—	8,09	9,00	—
159	8	—	—	—	—	8,51	—	—
Кора ели	135	4	—	8,94	—	—	8,09	—
145	6	—	—	8,18	9,40	7,15	—	—
159	8	—	8,10	7,51	—	—	—	—
Древесное волокно (смесь хвойных и лиственных пород)	135	4	—	—	—	5,81	6,15	—
145	6	—	—	—	—	8,15	9,01	—
159	8	—	—	9,95	—	9,00	—	—

Примечание. Содержание сахаров в исходном необработанном сырье составляло (% на абс. сухое вещество): в осиновых опилках 0,24; в березовых — 0,18; в одногодичных ветвях — 2,82; в трехгодичных — 1,95; в еловой коре — 1,95. Влажность исходного сырья во время обработки 65,0... 72,3 %.

В результате гидробаротермической обработки содержание моносахаридов в сырье возрастает более чем в 10 раз и достигает 12... 14 %.

Для ускорения процесса осахаривания в сырье при увлажнении можно добавлять катализаторы: минеральные и органические кислоты в количестве 0,1... 0,2 % от обрабатываемой массы сырья. Добавка катализатора сокращает процесс обработки в 1,5... 2,0 раза. Наибольшее содержание сахаров отмечается в одногодичных ветвях и еловой коре, что полностью соответствует повышенному содержанию легкогидролизуемых полисахаридов в исходном сырье. Оптимальные параметры обработки: давление 6... 8 атм, температура 145... 160 °C, продолжительность обработки 2... 3 ч. При увеличении продолжительности обработки содержание сахара возрастает незначительно, но повышается количество фурфурола. Так, например, при увеличении времени обработки торфа при 8 атм с 3 до 5 ч содержание фурфурола возрастает в два раза (с 0,06 до 0,12 %). Фурфурол — токсическое вещество, количество его в кормовых добавках подлежит строгой регламентации. Содержание его в объемистых и грубых кормах не должно превышать 0,1 %.

Все виды осахаренных кормовых добавок прошли токсикологическую оценку и зоотехнические испытания, на добавки разработаны и утверждены следующие технические условия: для кормовой осахаренной древесно-волоконистой массы — ТУ 46 РСФСР 258—82; корма осахаренного из древесины — ТУ 46 РСФСР 257—82; корма из коры — ТУ 46 259—82; полуфабриката кормового из коры осины — ТУ ОП 13-64-13-81, муки кормовой из лесного сырья — ТУ 46 РСФСР 256—82; лесного комбикорма ТУ 46 РСФСР 254—82.

Рациональное использование целлюлозосодержащих отходов на кормовые и другие цели позволяет одновременно решить ряд задач: укрепить и пополнить недостающими кормами кормовую базу животноводства; утилизировать разнообразные отходы леса, содействуя тем самым полному комплексному использованию лесных ресурсов; предупредить загрязнение этими отходами окружающей среды.

Вовлечение отходов лесной, деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности в сферу использования позволяет создать специальную систему круглогодичного производства дополнительных кормов и кормовых добавок, дифференцировать их производство по зонам страны с учетом местной сырьевой базы, «узких мест» в кормовом балансе, потребностей хозяйств и тем самым обеспечить устойчивое гарантированное производство необходимых ресурсов кормов требуемого качества независимо от погодно-климатических условий.

Вместе с тем будут созданы необходимые условия для полной утилизации биомассы леса, повышения реального вклада лесной отрасли промышленности в успешное решение задач Продовольственной программы.

Развертывание производства и использования кормовых продуктов из древесных отходов особенно перспективно в Нечерноземной зоне, в ряде лесных районов Севера и Востока страны.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Повышение питательности малоценных кормов: Сб. науч. тр./ Отд-ние ВАСХНИЛ по Нечерноземной зоне РСФСР.— Ленинград — Пушкин, 1981.— Вып. 5.— 186 с. [2]. Получение и использование осахаренной соломы/ З. М. Науменко, Л. К. Эрнст, С. И. Ладинская и др.— Минск: БелНИИТИ и ТЭИ Госплана БССР, 1981.— 180 с. [3]. Проблемы кормового использования лесных ресурсов: Сб. тр. Всесоюз. акад. с.-х. наук.— Л., 1979.— С. 32—43. [4]. Производство и использование гидролизного сахара в животноводстве/ Л. К. Эрнст, З. М. Науменко, Н. П. Руденко и др.— М.: Россельхозиздат, 1982.— 206 с. [5]. Эрнст Л. К., Науменко З. М., Ладинская С. И. Кормовые продукты из отходов леса.— М.: Лесн. пром-сть, 1982.— С. 78—79.

Поступила 24 апреля 1986 г.

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

УДК 630*652

**МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ
ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ЛЕСНЫХ РЕСУРСОВ
НА БАЗЕ ОПТИМИЗАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ**

Н. И. КОЖУХОВ, М. Б. НАДИРАШВИЛИ, В. С. КОЛОСОВ

Московский лесотехнический институт

Под рациональным использованием лесных ресурсов понимается такой режим ведения хозяйства, который обеспечивает расширенное воспроизводство лесных ресурсов и в то же время оптимален по экономическим критериям (минимум расходов, максимум эффекта и др.). Сюда же относятся вопросы научного обоснования (на базе оптимизации) трансформации и отчуждения лесных земель.

Оптимальному решению вопросов рационального использования лесных ресурсов способствует их экономическая оценка. В последнее время особое внимание уделяется экономической оценке лесных ресурсов как составной части лесного кадастра, предусмотренного «Основами лесного законодательства СССР и союзных республик». В разработке проблемы экономической оценки лесных ресурсов накоплен определенный опыт. Однако здесь еще немало спорных и нерешенных вопросов относительно содержания, методов расчета оценок, механизма их использования в хозяйственной деятельности. Под экономической оценкой лесных ресурсов мы будем понимать количественное выражение сравнительной народнохозяйственной ценности единицы площади разных участков лесных земель.

В качестве единого для всех видов природных ресурсов базового критерия оценки все большее число сторонников приобретает дифференциальная рента. Это объясняется тем обстоятельством, что ограниченность лучших по качеству и доступности природных ресурсов обуславливает необходимость вовлечения в эксплуатацию худших ресурсов. Использование лучших ресурсов приносит дополнительный доход — дифференциальную ренту, которая и закладывается в основу экономической оценки природных ресурсов. К сторонникам такой оценки лесных ресурсов принадлежат Т. С. Лобовиков, В. Л. Джикович, И. В. Туркевич и др.

По методике [1] экономическая оценка лесов складывается из оценки земли и собственно лесных насаждений, которые являются источниками древесины, разнообразных продуктов побочного пользования и выполняют рекреационные и защитные функции.

Лесные земли оцениваются исходя из их потенциальной производительности с учетом основного функционального назначения

$$\mathcal{E}_3 = r_3 v_3 d(T),$$

где

- \mathcal{E}_3 — экономическая оценка 1 га лесных земель;
- r_3 — рента с 1 м³ обезличенной древесины эталонного древостоя в возрасте спелости;
- v_3 — возможный к изъятию запас эталонного древостоя в возрасте рубки на 1 га;
- T — возраст спелости;

$$d(T) = 1/(1 + E)^T \text{ — дисконтирующий множитель } (E = 0,02).$$

Древесину оценивают по аналогичной формуле. При этом в расчет принимают возможный к изъятию древесный запас на настоящий момент и соответствующую ренту, а дисконтирующий множитель полагают равным единице.

Защитный эффект лесных насаждений оценивают по формуле

$$\mathcal{E}_{зл} = r_{зл}/E,$$

где $\mathcal{E}_{зл}$ — экономическая оценка защитного эффекта 1 га лесов;

$r_{зл}$ — рента с 1 га лесов по ведомственной принадлежности защищаемого объекта;

E — ведомственный норматив капитальных вложений.

В случае полеззащитных лесов рента выступает как эффект от повышения урожайности сельскохозяйственных культур, а для защитных лесов вдоль дорог и водоохранных лесов измеряется мерой предотвращенного ущерба при поддержании объекта в должном состоянии. Эффект рекреационных лесов оценивают по оздоровительным функциям и древесному запасу. Для учета различий лесохозяйственных затрат в худших и лучших условиях целесообразно ввести понятие лесохозяйственной ренты и соответствующего ей эффекта, рассчитываемого также по последней формуле.

Совокупную оценку участка лесных земель определяют путем суммирования частных оценок

$$\mathcal{E} = \sum_i \mathcal{E}_i,$$

где \mathcal{E}_i — эффект от i -того вида пользования лесом.

Приняв совокупную оценку за 100 %, получим:

$$\sum_i d_i = 100,$$

где показатель $d_i = 100 \mathcal{E}_i/\mathcal{E}$ измеряет долю соответствующей полезности лесов в их общей народнохозяйственной ценности.

В качестве дифференциальной ренты принимают разность замыкающих затрат, отвечающих наихудшим условиям, и индивидуальных приведенных затрат на получение единицы продукции из оцениваемого ресурса. Обоснованный расчет замыкающих затрат возможен на базе экономико-математических моделей. Возникающие при их применении трудности вынуждают ограничиться уровнем крупных территориально-производственных комплексов.

Приступим к построению модели лесного комплекса, обеспечивающей расчет дифференциальной ренты для отрасли лесного хозяйства в масштабе республики или региона. Процедура расчета данных показателей регламентируется рядом факторов. Одним из них является дифференциация лесов при экономической оценке по территориальному (предприятие) и функциональному (категория лесов) признакам. Далее, в целях решения рассматриваемой задачи, необходимо сокращение объема исходной информации путем агрегирования первичных учетных единиц — выделов в хозяйственные секторы (хозсекторы) по принципу общности функционального назначения, однородности условий воспроизводства лесных ресурсов и преобладающей породе. При этом каждый характеристический показатель хозсектора рассчитывают как среднюю взвешенную по площади сумму соответствующих показателей выделов. В качестве временной базы целесообразно принять календарный год.

Замыкающие затраты на лесопroduкцию и содержание лесов в надлежащем состоянии определяются как наивысшие (в наихудших условиях) и связаны с удовлетворением общественно необходимых потребностей в различных полезностях лесов. Поскольку эти потребности весь-

ма разнообразны, то для их достаточно полного отражения модель должна охватывать лесохозяйственную и лесопромышленную деятельность предприятий, внутри- и внереспубликанскую транспортировку древесины на деревообрабатывающие предприятия.

Ввиду значительных перевозок лесопродукции, весомым компонентом замыкающих затрат на древесину является их специфическая составляющая — транспортная рента, которая характеризует экономию денежных средств в результате замены привозного кубометра древесины кубометром местных заготовок. Поэтому принципиально важно включить в модель транспортный блок, позволяющий оценить транспортную ренту.

Сортиментный состав лесопродукции определяется сырьевыми потребностями деревообрабатывающих предприятий. Для конкретности ограничимся следующими пятью видами: пиловочник буковый, мягколиственных и хвойных пород; бук и береза для строгания.

В дальнейшем принята следующая индексация фигурирующих в расчетах величин: i — лесохозяйственное предприятие; j — хозсектор; p — сортимент; l — деревообрабатывающее предприятие республики; r — внереспубликанский поставщик древесины; n — внереспубликанский потребитель древесины.

Процесс воспроизводства лесных ресурсов регламентируется действующими нормативами, предписаниями и рекомендациями, которые налагают определенные ограничения на объемы лесохозяйственных и лесопромышленных работ. Для лесохозяйственной деятельности эти ограничения имеют вид

$$\delta'_{ij} S_{ij} \leq x_{ij} \leq \delta''_{ij} S_{ij}, \quad (1)$$

где S_{ij} и x_{ij} — площадь хозсектора и планируемый объем работ; δ'_{ij} и δ''_{ij} — долевые характеристики минимально необходимых и максимально целесообразных объемов работ ($0 \leq \delta'_{ij} \leq \delta''_{ij} \leq 1$).

Объемы рубок по предприятию ограничены расчетной лесосекой и должны обеспечивать непрерывность пользования лесом

$$V_l^{(p)} = \sum_{j \in E_l^{(p)}} v_{ij} y_{ij} \leq \min \left\{ L^{(p)}, \sum_{j \in E_l^{(p)}} a_{ij} v_{ij} S_{ij} \right\}; \quad 0 \leq y_{ij} \leq S_{ij}. \quad (2)$$

Здесь $V_l^{(p)}$ — планируемый объем лесозаготовок;

$E_l^{(p)}$ — совокупность номеров хозсекторов определенной породы;

$L^{(p)}$ — расчетная лесосека;

v_{ij} — изымаемый древесный запас;

y_{ij} — отводимая в рубку часть хозсектора;

a_{ij} — показатель возможной периодичности лесозаготовок на одних и тех же площадях, равный $1/T_{ij}$ и R/T_{ij} для хозсекторов со сплошными и несплошными рубками соответственно, при возрасте спелости T_{ij} и R классах возраста.

Лесохозяйственные (за исключением посадки) и лесозаготовительные работы производят на разных площадях одного хозсектора

$$x_{ij} + y_{ij} \leq S_{ij}. \quad (3)$$

Поставки заготавливаемой в республике древесины на деревообрабатывающие предприятия описываются следующими балансовыми соотношениями:

$$\sum_n q_{li}^{(p)} + \sum_n u_{ni}^{(p)} = k_i^{(p)} V_l^{(p)}; \quad \sum_l q_{li}^{(p+3)} + \sum_n u_{ni}^{(p+3)} = (1 - k_i^{(p)}) V_l^{(p)}, \quad (4)$$

где $k_i^{(p)}$ — доля пиловочника в общем объеме заготовок;
 $q_{ii}^{(p)}$ и $u_{ni}^{(p)}$ — размеры поставок древесины внутри- и внереспубликанским деревообрабатывающим предприятиям.

Внешние обязательства республики отражают соотношения

$$\sum_i u_{ni}^{(p)} \geq U_n^{(p)}; \quad u_{ni}^{(p)} \geq 0, \quad (5)$$

где $U_{ni}^{(p)}$ — потребность внереспубликанского потребителя.

Дефицит древесины восполняют внереспубликанские поставки

$$\sum_i \omega_{ir}^{(p)} \leq W_r^{(p)}; \quad \omega_{ir}^{(p)} \geq 0, \quad (6)$$

где $W_r^{(p)}$ — мощность внереспубликанского поставщика;

$\omega_{ir}^{(p)}$ — размер поставок деревообрабатывающему предприятию республики.

Лесохозяйственные работы и внутриреспубликанские лесозаготовки совместно с внереспубликанскими поставками древесины должны удовлетворять потребности республики в лесопродукции и различных полезностях лесов, проявляющиеся в обеспечении необходимой занятости трудовых, материальных, технических, финансовых ресурсов. Для лесохозяйственных предприятий это требование выражается так:

$$\sum_j [c_{ij}x_{ij} + (b_{ij}v_{ij} + f_{ij})y_{ij}] \geq C_i, \quad (7)$$

где c_{ij} , b_{ij} , f_{ij} — нормативы расхода ресурсов определенного вида на лесохозяйственные, лесозаготовительные (включая производство пиловочника и фанерного сырья) и лесокультурные работы соответственно;

C_i — оценка уровня необходимой занятости данных ресурсов.

Для деревообрабатывающих предприятий республики суммарные объемы поставок древесины по сортаментам ($M_i^{(p)}$)

$$M_i^{(p)} = \sum_i q_{ii}^{(p)} + \sum_r \omega_{ir}^{(p)} \quad (8)$$

должны соответствовать сортиментной структуре производства, которая может быть выражена соотношением вида:

$$m_i^{(1)} M_i^{(1)} = m_i^{(2)} M_i^{(2)} = m_i^{(3)} M_i^{(3)} = m_i^{(4)} M_i^{(4)} = m_i^{(5)} M_i^{(5)} \quad (9)$$

и обеспечивать необходимую занятость различных ресурсов (H_i):

$$\sum_p h_i^{(p)} M_i^{(p)} \geq H_i \quad (10)$$

при нормативном расходе этих ресурсов $h_i^{(p)}$.

Рассмотренные соотношения по существу образуют систему ограничений модели развития и размещения лесохозяйственного, лесопромышленного и деревообрабатывающего производства. Для такой модели критерий оптимальности — минимум суммарных лесохозяйственных расходов и затрат на заготовку, перевозку и переработку древесины:

$$\begin{aligned} & \sum_i \sum_j (c_{ij}x_{ij} + f_{ij}y_{ij}) + \left[\sum_i \sum_j b_{ij}v_{ij}y_{ij} + \sum_p \sum_r \sum_l d_r^{(p)} \omega_{ir}^{(p)} \right] + \sum_p \left[\sum_i \sum_l t_{il}^q q_{ii}^{(p)} + \right. \\ & \left. + \sum_i \sum_r t_{ir}^w \omega_{ir}^{(p)} + \sum_n \sum_l t_{nl}^u u_{ni}^{(p)} \right] + \sum_p \left[\sum_l h_l^{(p)} \left(\sum_i q_{ii}^{(p)} + \sum_r \omega_{ir}^{(p)} \right) + \right. \\ & \left. + \sum_n \sum_l z_n^{(p)} u_{ni}^{(p)} \right] \rightarrow \min. \quad (11) \end{aligned}$$

Здесь c_{ij}, f_{ij} — нормативы лесохозяйственных и лесокультурных затрат предприятий республики;
 $b_{ij}, d_r^{(p)}$ — нормативы эксплуатационных расходов лесохозяйственных предприятий республики и вне-республиканских поставщиков древесины;
 $t_{ii}^q, t_{ir}^w, t_{ni}^u$ — нормативы транспортных расходов на внутри-республиканские перевозки лесопродукции, ее ввоз и вывоз;
 $h_i^{(p)}, z_n^{(p)}$ — нормативы затрат на переработку древесины деревообрабатывающих предприятий республики и внереспубликанских потребителей.

Соотношения (1) — (11) в совокупности образуют модель линейного программирования, в которой учтены наиболее существенные производственные факторы и увязаны основные народнохозяйственные интересы относительно лесного комплекса.

Прежде чем приступить к вычислению собственно замыкающих затрат, следует найти агрегированные в масштабе лесохозяйственного предприятия нормативы лесохозяйственных расходов по каждой категории лесов, как того требует методика экономической оценки лесных ресурсов. Агрегирование необходимо по двум причинам. В лесном фонде предприятия может находиться несколько хозсекторов одного функционального назначения. Кроме того, разброс нормативов затрат на проводимые в хозсекторе лесохозяйственные мероприятия может быть весьма велик.

Средний норматив лесохозяйственных затрат для каждой категории лесов будем находить путем агрегирования по формуле средневзвешенной по объемам работ суммы:

$$c_{im}^* = \sum_{j \in D_{im}} (c_{ij}x_{ij} + f_{ij}y_{ij}) / \sum_{j \in D_{im}} (x_{ij} + y_{ij}), \quad (12)$$

где D_{im} — совокупность номеров хозсекторов m -й категории.

Теперь замыкающие лесохозяйственные затраты по каждой категории лесов найдем как наивысший норматив среди тех хозсекторов, в которых необходимо провести соответствующие мероприятия:

$$z_m^{zx} = \max_i c_{im}^*, \quad (13)$$

а замыкающие затраты на древесину оценим следующим образом:

$$z_m^z = \max_{i, y_{im} > 0} (z_{im}^z + T_i), \quad (14)$$

где T_i — транспортная оценка (рента) изымаемого древесного запаса лесохозяйственного предприятия, исчисляемая как двойственная оценка ресурса, образующего правую часть ограничения (2).

Наконец, показатели дифференциальной лесохозяйственной ренты и ренты на древесину вычисляют как разность замыкающих и индивидуальных нормативов затрат для каждого лесохозяйственного предприятия по категориям лесов:

$$r_{im}^{zx} = z_{im}^{zx} - c_{im}^*; \quad r_{im}^z = z_{im}^z - z_{im}, \quad (15)$$

где r_{im}^{zx} — лесохозяйственная рента в расчете на 1 га;
 r_{im}^z — рента с 1 м³ обезличенной древесины.

Экспериментальная проверка разработанной методики экономической оценки лесных ресурсов была произведена на примере системы предприятий Минлесбумпрома Грузинской ССР, что сразу же очертило круг внутри- и внереспубликанских поставщиков и потребителей дре-

весины. Полученные при этом экономические оценки могут быть ценным подспорьем при лесоустроительном проектировании.

Для примера рассмотрим оценку категории защитных полос вдоль железных и шоссейных дорог для Ахметского ЛПХ. Эта оценка складывается из ряда составляющих: защитные функции — 1 709 р./га (59,3%), древесный запас — 219,3 р./га (7,6%), земля — 20,1 р./га (0,7%), лесохозяйственная составляющая — 934,2 р./га (32,4%), совокупная оценка — 2 882,5 р./га (100%). Таким образом, основной вклад в общую народнохозяйственную ценность данных лесов дает эффект по их главному назначению и лесохозяйственная составляющая.

Интересная ситуация складывается в защитных лесах этой категории Цаленджихского ЛПХ, где мы имеем следующую картину: защитные функции — 578 р./га (28%), древесный запас — 719,2 р./га (34,9%), земля — 65,8 р./га (3,2%), лесохозяйственная составляющая — 698,9 р./га (33,9%), совокупная оценка — 2 061,9 р./га (100%). В данном случае сопоставимы уже три составляющие совокупного эффекта и наименьшую из них образует защитный эффект.

При рассмотрении вопроса об отчуждении участка лесных земель рассмотренной категории Ахметского или Цаленджихского ЛПХ, сравнив показатели совокупной ценности, следует остановить выбор на землях последнего предприятия, поскольку их изъятие сопряжено с меньшими потерями для народного хозяйства. Таким образом, при решении вопросов изъятия и трансформации лесных земель в первую очередь следует намечать лесные земли, имеющие наименьшую экономическую оценку. Последний пример показывает, что оценка лесов по их главному назначению может уступать другим компонентам общей оценки. В данной ситуации (в случае многофункциональности лесов: например, водоохранные и полезащитные) может быть поставлен вопрос о переводе этого участка в категорию с наибольшим вкладом в общую экономическую оценку. Приведенные примеры убеждают, что использование разработанной методики при составлении проектов организации лесных предприятий будет способствовать повышению обоснованности результатов определения наиболее рациональных форм использования лесных земель, а также их изъятия под другие виды землепользования.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Туркевич И. В. Кадастровая оценка лесов.— М.: Лесн. пром-сть, 1977.— 168 с. [2]. Чилимов А. И., Кожухов Н. И., Рукосуев Г. Н. Рациональное использование лесных земель.— М.: Лесн. пром-сть, 1981.— 192 с.

Поступила 8 сентября 1986 г.

УДК 676 : 658.011.56

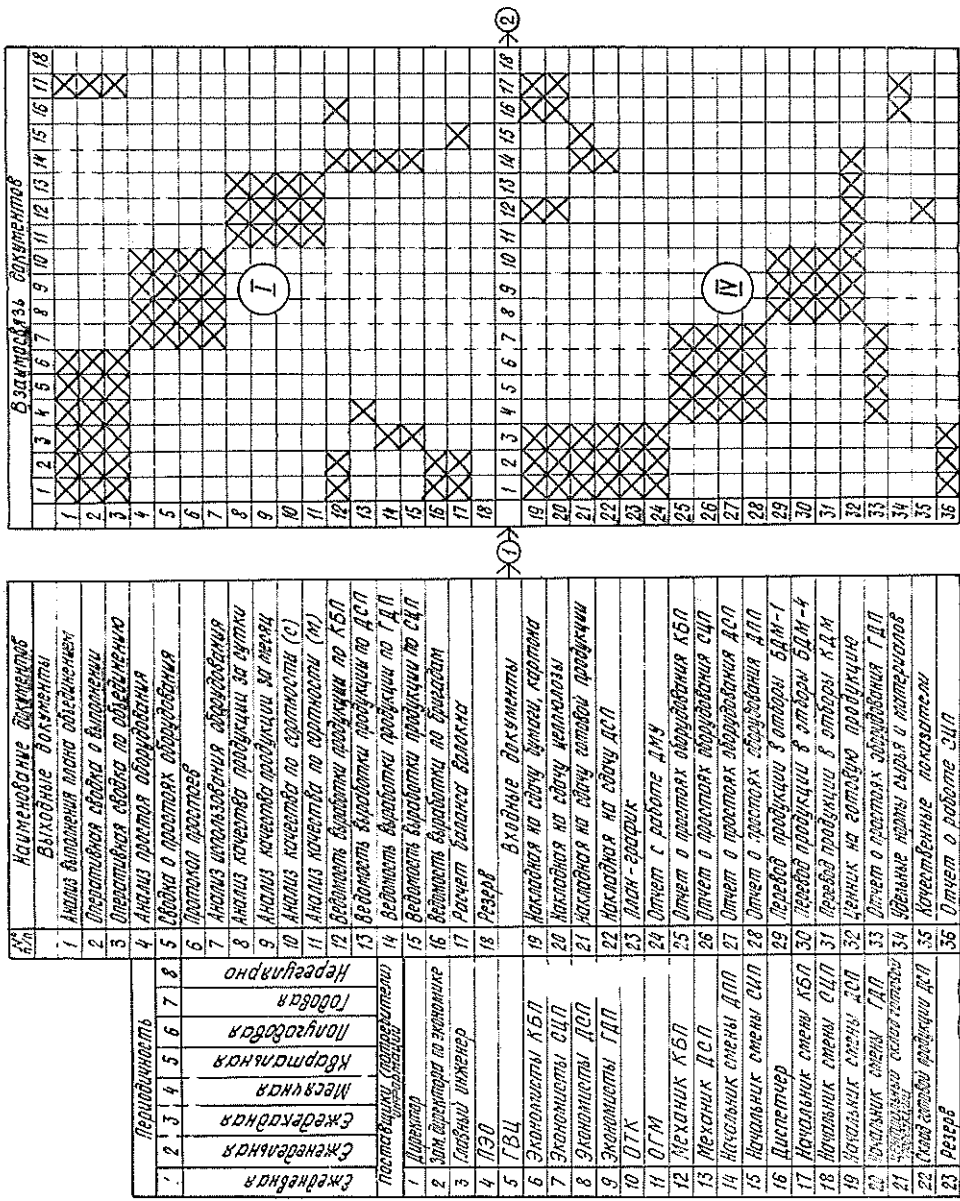
ПРИМЕНЕНИЕ МАТРИЧНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ИССЛЕДОВАНИИ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПОТОКОВ ПРЕДПРИЯТИЙ ЦБП

Т. А. КОКОРЕВА

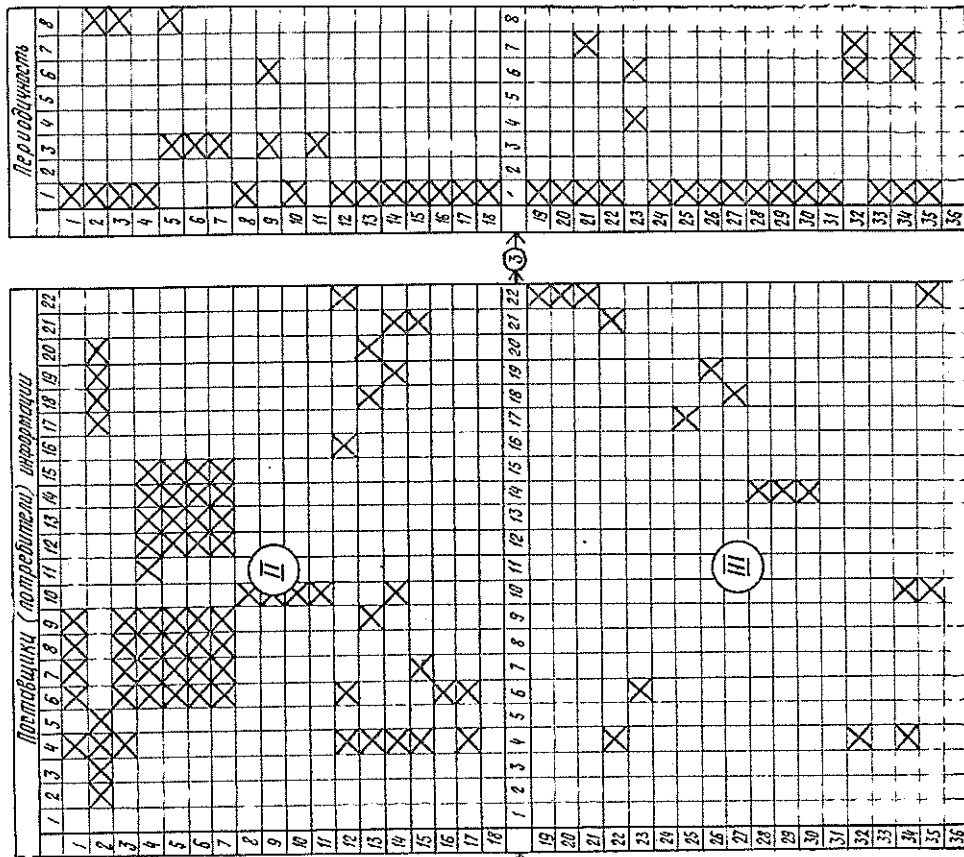
Ленинградский технологический институт ЦБП

Использование матричных моделей позволяет создать стройную логическую схему получения, обработки, накопления и передачи информации применительно к имеющимся функциям управления. Такого рода модели можно назвать информационными.

Матричная информационная модель представляет собой таблицу, отражающую соответствующие взаимосвязи между всеми подразделе-



ниями предприятия (через движение документов или показателей), а также формирование новых данных в процессе функционирования системы управления. Она состоит из четырех квадрантов и нескольких вспомогательных разделов, каждый из которых имеет свое специфическое содержание и назначение. На рисунке представлена матричная информационная модель оперативного управления основным производством предприятия ЦБП. Согласно схеме построения матричной модели, I квадрант должен отражать взаимосвязь между выходными документами, разрабатываемыми в отделе (цехе). Если информация документа, разрабатываемого в отделе, служит для составления другого документа отдела, то делается отметка на пересечении строки с названием используемого документа и столбца с номером документа, куда идет эта информация.



Таким образом, строка I квадранта показывает, для составления каких документов отдела используется информация рассматриваемого документа. Каждый столбец I квадранта дает перечень отдела, информация которых используется для составления документа с порядковым номером, указанным в начале столбца.

II квадрант отражает дальнейшее прохождение документов, разрабатываемых в отделе. Этот квадрант должен содержать перечень структурных подразделений — потребителей документов, включая отдел, для которого разрабатывается модель (или функцию управления). Каждая строка этого квадранта показывает, каким службам предприятия и внешним организациям передается документ отдела, цеха. Каждый столбец дает перечень документов отдела, поступающих в ту или иную службу или внешнюю организацию.

В квадранте III содержится перечень входных документов, поступающих в отдел из других служб предприятия и организаций. Вспомогательные документы в квадрант не включаются. Как и квадрант I, квадрант III должен иметь такой же резерв строк и отражать взаимосвязь между разрабатываемыми и поступившими документами.

Квадрант IV должен отражать дальнейшее движение документов, поступающих из других служб.

Вспомогательные разделы содержат информацию о периодичности составления документов и перечень служб, внешних организаций, поставляющих и потребляющих информацию, содержащуюся в исследуемых документах.

Так, исследуя матричную модель, представленную на рисунке, можно без больших затрат времени на анализ сделать заключение по любому выходному (входному) документу. Например, выходной документ «Анализ выполнения плана объединением» выпускается ежедневно, его информация идет в планово-экономический отдел, экономистам КБП (картонно-бумажного производства), ГДП (гидролизно-дрожжевого производства), ДСП (древесно-стружечного производства), СЦП (сульфат-целлюлозного производства), диспетчерской службе. Для составления данного документа служит следующая входная информация: «Накладная на сдачу бумаги и картона», «Накладная на сдачу целлюлозы», «Накладная на сдачу готовой продукции», «Накладная на сдачу древесно-стружечных плит», «Отчет о работе ДМУ», «Отчет о работе СЦП», «План-график». Вся входная информация формируется (передается) ежедневно, кроме «Плана-графика», передаваемого ежемесячно, ежегодно и по мере возникновения корректировки плановых данных. Модель показывает также, что одна и та же входная информация входит в несколько выходных документов, что создает предпосылки организации единой информационной базы в условиях функционирования АСУП.

Достоинство матричной модели в ее информативности, которая возрастает благодаря построению вспомогательных разделов, необходимых для получения исчерпывающей характеристики интересующего исследователей объекта. Недостаток состоит в громоздкости, которую важно преодолеть, расчленив модель на составные части-блоки (модули).

Матричная модель создает предпосылки для формализации процесса формирования информации, необходимой и достаточной для принятия управленческого решения.

Поступила 20 мая 1985 г.

УДК 338.984 : 674

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РАСЧЕТА ПРИРОСТА ОБЪЕМА ПРОИЗВОДСТВА НА ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

В. А. МОРОХОВА

Львовский лесотехнический институт

Темпы экономического развития предприятия и отрасли во многом зависят от правильного определения соотношения показателей роста производительности труда и прироста продукции при планировании и соблюдения этого соотношения в процессе выполнения плана.

В экономической литературе и практике широко известен способ разложения прироста промышленной продукции на два компонента: вследствие роста производительности труда и увеличения численности работающих.

Если обозначим B_1C_1 и B_0C_0 — продукцию отчетного и базисного периодов; B_1 и B_0 — среднюю выработку продукции на одного работающего в отчетном и базисном периодах; C_1 и C_0 — численность промышленно-производственного персонала (ППП) в отчетном и базисном периодах, то общий прирост продукции ($\Delta П$) будет равен:

$$\Delta П = B_1 C_1 - B_0 C_0, \quad (1)$$

в том числе в результате изменения численности ППП

$$\Delta П_{\text{ч}} = (C_1 - C_0) B_0; \quad (2)$$

изменения средней выработки работающего

$$\Delta P_{\text{в}} = (B_1 - B_0) \cdot \bar{C}_1. \quad (3)$$

Теория и практика экономических измерений, в частности расчеты долей прироста промышленной продукции, постоянно совершенствуются. Мы разделяем точку зрения, что формулу расчета, рекомендуемую в Методических указаниях к разработке государственных планов ($D_{\text{пр. тр}} = \frac{\Delta P - \Delta C_p}{\Delta I} = 1 - \frac{\Delta C_p}{\Delta I}$, где $D_{\text{пр. тр}}$ — доля прироста продукции за счет роста производительности труда, ΔP — прирост продукции, ΔC_p — прирост численности работников) целесообразно уточнить. Эта формула «достаточно точно «работала» до тех пор, пока $D_{\text{пр. тр}}$ в большинстве отраслей не превышала 75...80%. Сейчас эта доля поднялась до 90...95%, и неточность даже в 0,3...0,8%, получающаяся при ее использовании, приводит к погрешности расчетов по экономии численности работников от 1 до 1,5 млн человек» [1, с. 26].

В экономической литературе высказано мнение, что целесообразнее использовать способ, позволяющий разложить прирост продукции не на два, а на три компонента (изменение численности ППП, производительности труда и совместное влияние численности работающих и средней выработки [2]). В этом случае формула разложения прироста промышленной продукции по компонентам принимает следующий вид:

$$\Delta P = B_0 \Delta \bar{C} + \Delta B \bar{C}_0 + \Delta B \Delta \bar{C}, \quad (4)$$

где $B_0 \Delta \bar{C}$ — прирост продукции при изменении численности ППП предприятия;

$\Delta B \bar{C}_0$ — прирост продукции при изменении средней выработки на одного работающего;

$\Delta B \Delta \bar{C}$ — прирост продукции при совместном влиянии факторов.

Эту формулу наглядно иллюстрирует схема, приведенная на рис. 1.

Если на одной оси отложить значения, характеризующие численность работающих, а на другой — выработку продукции на одного работающего, то площадь полученного прямоугольника будет характеризовать объем продукции. В базисном периоде объем продукции ($B_0 \bar{C}_0$) — прямоугольник $OB_0A_0C_0$. Фактический объем продукции ($B_1 \bar{C}_1$) — прямоугольник $OB_1C_1C_1$. Прирост продукции в отчетном году по сравнению с базисным ($B_1 \bar{C}_1 - B_0 \bar{C}_0$), как видно из схемы, сложился вследствие:

- а) прироста производительности труда ($\Delta P_{\text{в}}$) — прямоугольник $B_0B_1A_1A_0$;
- б) прироста численности ППП ($\Delta P_{\text{ч}}$) — прямоугольник $C_0A_0C_0C_1$;
- в) совместного влияния факторов ($\Delta P_{\text{сов}}$) — прямоугольник $A_0A_1C_1C_0$.

Во многих объединениях и на предприятиях деревообрабатывающей промышленности увеличение объема продукции достигается в результате роста как выработки, так и численности работников, реже продукция возрастает только при повышении производительности труда (преимущественно на предприятиях, работающих по методу щекинцев, или успешно применяющих бригадные формы организации труда).

Метод разложения прироста промышленной продукции по трем компонентам в деревообрабатывающей промышленности не применяется.

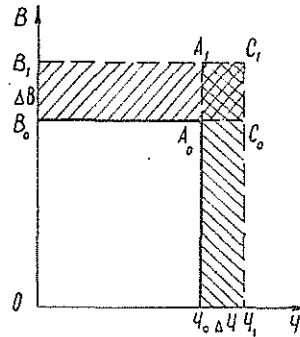


Рис. 1. Факторы, определяющие изменение объема производства промышленного предприятия.

Хотя, как видно из рис. 1, при разложении прироста продукции на две составляющие искусственно завышается прирост объема производства вследствие роста производительности труда (прямоугольник $B_0B_1C_1C_0$), так как к нему в этом случае относят прирост продукции в результате совместного влияния интенсивных и экстенсивных факторов (прямоугольник $A_0A_1C_1C_0$). Из схемы ясно, что некоторая доля этого прироста — также следствие изменения численности ППП. Значит, хотя общий прирост объема производства характеризуется изменением абсолютных величин двух составляющих показателей (производительности труда и численности работников), наиболее целесообразно общий прирост объема производства раскладывать не на два, а на три компонента.

Результаты расчета долей прироста промышленной продукции за три года текущей пятилетки по объединению Волюньдрев показаны в таблице.

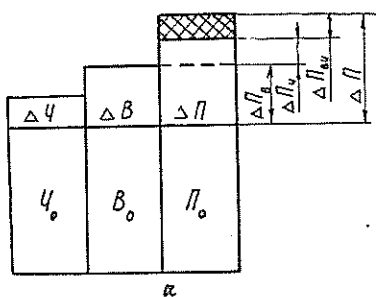
Прирост объема производства в объединении Волюньдрев при влиянии интенсивных и экстенсивных факторов

Показатели	1981	1982	1983
Прирост нормативной чистой продукции, %, при расчете:			
по двум факторам:			
рост производительности труда	79,2	93,6	87,2
изменение численности работающих	20,8	6,4	12,8
по трем факторам:			
рост производительности труда	78,2	93,1	86,6
изменение численности работающих	20,8	6,4	12,8
совместное влияние факторов	1,0	0,5	0,6

Как видно из таблицы, некоторая часть общего прироста продукции (1,0 % в 1981 г., 0,5 % в 1982 г. и 0,6 % в 1983 г.), полученного при совместном влиянии факторов в расчете по трем компонентам, в первом случае отнесена к приросту вследствие увеличения производительности труда. В относительных величинах в пределах одного объединения это кажется незначительным, однако абсолютный прирост объема производства в целом по отрасли составит довольно значительную величину. Такое положение нам кажется неправомерным. Поэтому мы считаем, что способ разложения прироста продукции по трем компонентам дает возможность «очистить» результаты, выявить действительный прирост продукции вследствие изменения производительности труда и численности работников.

Начавшееся в одиннадцатой пятилетке сокращение прироста трудовых ресурсов при практически полной занятости трудоспособного населения все более ограничивает возможности роста производства в результате увеличения числа работающих. Рост производительности труда превращается в перспективе не только в доминирующий, но, по существу, в единственный фактор роста объема производства. Все это имеет конечной целью повышение производительности труда до уровня, при котором не только не нужно привлекать дополнительных работников в производство, но появляется возможность снижения их абсолютной численности. Абсолютное высвобождение работников происходит при опережающем росте производительности труда по сравнению с объемом производства.

В случае обеспечения роста объема производства при абсолютном сокращении численности работающих на первый взгляд кажется, что совместное влияние факторов можно не учитывать, так как весь фактический прирост объема производства можно отнести за счет роста производительности труда. Однако такой подход неточен, поскольку и в этом случае данного влияния избежать нельзя.



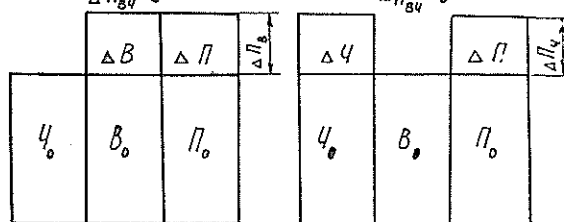
а

$$\Delta \Pi_{\text{ч}} = 0$$

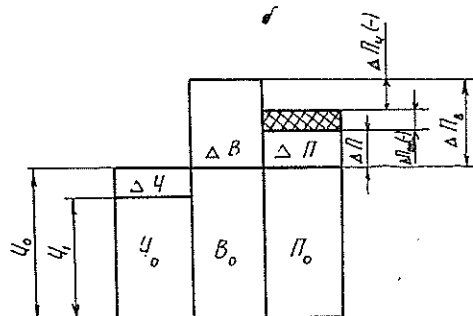
$$\Delta \Pi_{\text{вч}} = 0$$

$$\Delta \Pi_{\text{в}} = 0$$

$$\Delta \Pi_{\text{вч}} = 0$$



б



в

Рис. 2. Влияние на изменение объема производства трех групп факторов.

а — при увеличении производительности труда и численности работающих; б — при увеличении одного из показателей; в — при сокращении численности работающих.

Рассмотрим это на графическом примере (рис. 2).

На рис. 2, а представлена схема разложения общего прироста объема производства на три компонента (т. е. вследствие роста производительности труда, численности работающих и совместного влияния факторов). Этот случай наиболее характерен для деятельности деревообрабатывающих предприятий, поскольку на большинстве из них изменение объема производства происходит при совместном влиянии интенсивных и экстенсивных факторов. Рис. 2, а показывает, что часть общего прироста объема производства обеспечена действием обеих групп факторов и условно обозначена на рисунке — $\Delta \Pi_{\text{вч}}$, что соответствует прямоугольнику $A_0A_1C_1C_0$ из диаграммы на рис. 1. Следовательно, формула (4) позволяет наиболее точно рассчитать прирост объема производства в зависимости от составляющих его показателей.

Если же абсолютная величина одного из факторов прироста объема производства не меняется, то, как видно из рис. 2, б, относительное изменение объема производства будет полностью соответствовать относительному изменению второго из составляющих показателей (т. е. только в этом случае $\Delta \Pi_{\text{вч}}$ оказывается равным нулю и формула прироста объема производства примет вид: $\Delta \Pi = \Delta V \cdot \Delta \Pi_{\text{ч}}$ или $\Delta \Pi = \Delta \Pi_{\text{в}} \cdot \Delta \Pi_{\text{ч}}$).

Кроме того, в условиях перевода экономики на интенсивный путь развития создаются объективные предпосылки обеспечения роста объ-

ема производства при абсолютном уменьшении численности работников. Из рис. 2, в видно, что неверно в данном случае относить весь прирост объема производства на счет роста производительности труда, так как на величину данного прироста отрицательно влияет как уменьшение численности работников, так и совместное влияние показателей, которое также нельзя игнорировать при расчетах. Величины $\Delta\Pi_{\text{ч}}$ и $\Delta\Pi_{\text{вч}}$ будут со знаком минус, и расчетная формула примет вид

$$\Delta\Pi = \Delta B\text{Ч}_0 - B_0\Delta\text{Ч} - \Delta B\Delta\text{Ч}. \quad (5)$$

Таким образом, третий компонент не оказывает влияния на общий прирост объема производства только в случае, когда один из факторов (производительность труда или численность работников) не меняется. Во всех остальных случаях при расчете прироста объема производства следует учитывать его влияние, так как только тогда будет получен достоверный результат.

Опережающий рост производительности труда по сравнению с ростом объема производства и высвобождение на этой основе рабочей силы в действующем производстве становятся объективной необходимостью, новой закономерностью развития экономики. В этих условиях необходимо более точное определение реального прироста объема производства в результате роста производительности труда.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Гаврилов Р. В. Темпы, факторы и новые показатели роста производительности труда// Вопросы экономики.— 1982.— № 3.— С. 23—32. [2]. Назаров М. Г. Производительность труда: измерение, анализ, резервы// М.: Экономика, 1977.— 207 с.

Поступила 23 апреля 1986 г.

УДК 630*79

УЧЕТ УРОВНЯ ОСВОЕНИЯ БИОМАССЫ ДЕРЕВА ПРИ ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЙ ЛЕСОЗАГОТОВОК

И. А. МОНАКОВ

Ленинградская лесотехническая академия

В материалах XXVII съезда КПСС указывается на необходимость последовательного усиления режима экономии, являющегося одним из важнейших факторов интенсификации производства; на актуальность и важность вопросов превращения ресурсосбережения в решающий источник удовлетворения растущих потребностей народного хозяйства, для чего следует «настойчиво добиваться рационального и экономного расходования всех видов ресурсов, снижения их потерь, ускоренно осуществлять переход к ресурсосберегающим и безотходным технологиям» [1]. Все это в полной мере относится и к отраслям лесного комплекса, где имеются экономические, экологические и социальные предпосылки для внедрения безотходных (малоотходных) производств на базе комплексной переработки сырья, позволяющие решить задачу обеспечения народного хозяйства продукцией из древесины в более короткие сроки и с меньшими затратами производительных ресурсов.

Проектированию и внедрению подлежат только те технологии, от которых в дальнейшем можно ожидать высокий экономический и социальный эффект. Но в действующих общепромышленной и отраслевой методиках определения экономической эффективности использования новой техники [3] не предусматривается учет степени использования ресурсов при внедрении конкретной технологии, поскольку отраслевая ме-

тодика не ориентирует на проведение расчетов экономического эффекта по конечной продукции с учетом использования сырьевых ресурсов, а в отдельных случаях рекомендует выполнять расчеты по незавершенному объему работ (заготовка, трелевка и т. д.). Поэтому систему показателей эффективности технологических вариантов предлагается строить в зависимости от уровня использования лесосечного фонда.

Таким показателем на лесозаготовках может быть уровень использования всей биомассы отведенного в рубку лесосечного фонда, предложенный А. П. Петровым [5]. Подходить к его исчислению необходимо по-разному при оценке экономической эффективности технологий действующих, а также находящихся в стадии разработки и внедрения.

В первом случае

$$\mu = \frac{Q_{\phi}}{Q_{н}}, \quad (1)$$

где μ — уровень использования всей биомассы отведенного в рубку лесосечного фонда;

Q_{ϕ} — объем биомассы, заготовленной и реализованной при рассматриваемом технологическом варианте;

$Q_{н}$ — нормативный объем биомассы (потенциал ресурсов), определяемый при отводе лесосек путем учета всех фракций биомассы дерева.

Во втором случае

$$\mu = \frac{Q_{эк}}{Q_{н}}, \quad (2)$$

где $Q_{эк}$ — объем экономически доступных ресурсов, определяемый для исследуемой технологии расчетным путем.

В знаменателе формул (1) и (2) учитывается объем потенциальных ресурсов, что при приближении к 1,0 будет расширять использование отдельных элементов биомассы дерева и способствовать внедрению безотходных производств.

Показатель уровня использования всей биомассы отводимого в рубку лесосечного фонда следует применять не только как стандарт технологии, учитывающий долю биомассы, использование которой при данной технологии экономически выгодно, но и для расчета удорожающей поправки при определении капитальных вложений и эксплуатационных затрат. Применение удорожающей поправки позволит сделать сравнимые технологические варианты сопоставимыми по уровню освоения отводимого в рубку лесосечного фонда.

Вопросами учета потерь, связанных с неполным использованием расчетной лесосеки, занимался ряд исследователей. В частности, Т. С. Лобовиков, Б. И. Павлов, П. И. Горышкин при определении стоимостных потерь от неполного использования расчетной лесосеки предложили учитывать рост капитальных вложений на строительство в лесном массиве путей постоянного действия и эксплуатационных затрат на содержание и эксплуатацию лесовозных дорог [2, 4], на подготовку производства и попенную плату [6], что связано с неизбежным увеличением площади лесосечного фонда, вовлекаемого в эксплуатацию.

По нашему мнению, полные стоимостные потери при разном уровне использования отдельных компонентов биомассы дерева должны включать затраты на освоение дополнительной площади лесосечного фонда при экстенсивном развитии или ранее неиспользуемых компонентов дерева при интенсивном развитии лесозаготовительного производства. Освоение ранее неиспользуемых компонентов потребует дополнительных капитальных вложений на внедрение систем машин, свя-

Технико-экономические показатели технологических

Показатели	Леспромхоз и техно-	
	Екабпилский	
	1	2
1. Вид технологии вывозки	Хлыстовая	
2. Система машин	Бензиномоторная пила	
а) лесосечные работы:	Отсутствует	
валка — обрезка сучьев	ТДТ-55	
раскряжевка	Отсутствует	
трелевка — подвозка		
производство технологической щепы		
б) вывозка:	КамАЗ с гидроманипу-	
круглых лесоматериалов	Отсутствует	
технологической щепы		
в) нижнескладские работы:	ЛО-15С	
раскряжевка	Стационарная руби-	
производство технологической щепы	Отсутствует	тельная установка
		МРГ-20
вывозка технологической щепы	Отсутствует	Щеповоз ЛТ-7А
3. Используемая фракция биомассы	Древесина	Древесина стволов +
	стволов	+ крупномерные су-
		чья + вершинки
4. Уровень использования биомассы отведен-	0,625	0,75
ного в рубку лесосечного фонда (μ)		
5. Конечная продукция	Круглые лесо-	Круглые лесоматери-
	материалы	алы + технологиче-
		ская щепа
6. Удельные капитальные вложения, р./м ³	6,75	7,52
7. Себестоимость, р./м ³	8,33	9,10
8. Удельные приведенные затраты, р./м ³	9,34	10,23
9. Удорожающая поправка для расчета		
приведенных затрат	1,60	1,33
10. Удельные приведенные затраты, скоррек-		
тированные на удорожающую поправку		
($K_{уд}$), р./м ³	14,94	13,65
11. Экономический эффект от повышения		
уровня использования биомассы дерева,		
р./м ³		
всего		+2,88
в том числе:		
а) количественная составляющая		+2,19
б) дополнительный эффект (качест-		
венная составляющая)		+0,69

занных с их заготовкой, первичной переработкой и транспортировкой. Поэтому значения приведенных затрат на внедрение технологического варианта следует скорректировать с помощью удорожающей поправки, зависящей от показателя μ :

$$K_{уд} = f(\mu), \quad (3)$$

где $K_{уд}$ — удорожающая поправка для расчета капитальных вложений и эксплуатационных затрат.

Расчеты показали, что на первом этапе увеличения уровня освоения биомассы дерева капитальные и эксплуатационные затраты находятся в обратной линейной зависимости от уровня использования всей биомассы отведенного в рубку лесосечного фонда. Но при дальнейшем увеличении уровня освоения биомассы дерева начинают вовлекаться в производство значительно более трудоемкие и капиталоемкие элементы биомассы, поэтому зависимость теряет линейный характер и все больше приближается (по предварительным оценкам) к параболическому виду.

вариантов по леспромхозам Латвийской ССР

логический вариант

Бауский		Огрский	
3	4	5	6
Сортиментная			
Отсутствует	Бензиномоторная пила Бензиномоторная пила Сортиментовоз Передвижная рубительная установка ТТ-1000 ТУ	Отсутствует	Бензиномоторная пила Бензиномоторная пила «Форвардер» Передвижная рубительная установка ТТ-1000 ТУ
Отсутствует	Щеповоз ЛТ-7А	Отсутствует	Щеповоз ЛТ-7А
Отсутствует			
Древесина стволов	Древесина стволов + + крупномерные сучья + вершинки	Древесина стволов	Древесина стволов + + крупномерные сучья + вершинки
0,625	0,75	0,625	0,75
Круглые лесоматериалы	Круглые лесоматериалы + технологическая щепка	Круглые лесоматериалы	Круглые лесоматериалы + технологическая щепка
14,38	14,60	12,19	12,82
9,77	10,14	9,98	10,53
11,93	12,31	11,81	12,45
1,60	1,33	1,60	1,33
19,09	16,41	18,90	16,60
	+4,43		+4,11
	+3,06		+2,94
	+1,37		+1,17

Выпуклость данной параболы тем больше, чем ближе значение μ к 1,0. Исследования характера данной зависимости продолжаются, однако они связаны с трудностями получения фактических материалов по использованию коры, пневой древесины и других элементов биомассы дерева.

Тогда формула приведения затрат на внедрение каждого технологического варианта к сопоставимому виду по уровню освоения биомассы отводимого в рубку лесосечного фонда примет вид

$$Z_{скi} = Z_i K_{удi}, \quad (4)$$

где $Z_{скi}$ — скорректированная величина приведенных затрат по i -тому технологическому варианту;

Z_i — приведенные затраты по i -тому технологическому варианту;

$K_{удi}$ — удорожающая поправка по i -тому технологическому варианту.

При оценке сравнительной эффективности с учетом удорожающей поправки приведенные затраты ниже у того варианта, который при прочих равных условиях имеет более высокий коэффициент μ (см. таблицу).

Введение удорожающей поправки для расчета приведенных затрат позволит более точно учесть влияние уровня использования биомассы лесосечного фонда на экономический эффект от внедрения конкретной технологии. Количественное изменение годового эффекта можно определить из выражения

$$\Delta \mathcal{E}_k = \mathcal{Z}_6 (K_{уд}^6 - 1) - \mathcal{Z}_{вн} (K_{уд}^{вн} - 1), \quad (5)$$

где $\mathcal{Z}_6, \mathcal{Z}_{вн}$ — приведенные затраты, соответственно по базовому и внедряемому варианту;
 $K_{уд}^6, K_{уд}^{вн}$ — удорожающая поправка для расчета приведенных затрат по базовому и внедряемому вариантам.

Кроме количественной составляющей экономического эффекта, при более полном использовании вновь осваиваемых элементов биомассы дерева следует учесть и дополнительный эффект в виде прибыли от реализации продукции, полученной в результате переработки этих фракций — качественную составляющую, равную:

$$\Delta \mathcal{E}_k = \sum_{i=1}^n (\mathcal{U}_i^{вн} - \mathcal{P}\mathcal{Z}_i) V_i - \sum_{j=1}^m \mathcal{U}_j^6 V_j \quad (6)$$

при условии

$$\sum_{i=1}^n V_i \leq \sum_{j=1}^m V_j \leq Q_n (1 - \mu), \quad (7)$$

где i — вид продукции, получаемой из вновь осваиваемого элемента биомассы дерева, ранее не использовавшегося совсем или использовавшегося в качестве сырья, $i = 1, 2, \dots, n$;
 $\mathcal{U}_i^{вн}$ — оптовая цена единицы i -того вида продукции;
 $\mathcal{P}\mathcal{Z}_i$ — удельные приведенные затраты на производство i -того вида продукции;
 V_i — объем элемента биомассы дерева, используемый для производства i -того вида продукции;
 j — вид сырья, получаемого из конкретного элемента биомассы дерева, ранее реализовавшегося на сторону, $j = 1, 2, \dots, m$;
 \mathcal{U}_j^6 — оптовая цена единицы j -того вида сырья;
 V_j — объем j -того вида сырья.

Высказанные ранее предложения были применены на практике при оценке видов технологий и систем машин, используемых на лесозаготовках в леспромхозах Латвийской ССР, характеристика и технико-экономические показатели которых приведены в таблице.

Данные таблицы свидетельствуют о том, что уровень приведенных затрат, рассчитанных по действующей методике, как правило, выше у вариантов с большей степенью использования биомассы дерева (строка 8), потому что в расчете экономического эффекта по приведенным затратам допускается ошибка из-за несопоставимости вариантов по видам конечной продукции. Увеличение экономического эффекта от вовлечения в производство дополнительных элементов биомассы дерева, рассчитанного по формулам (5), (6), показано в строках 11а и 11б. Переработка крупномерных сучьев, вершинок и некондиционных тонкомерных стволов на технологическую щепу позволила в Екапилском леспромхозе получить дополнительный эффект в размере 2,88 р. на 1 м³

готовой продукции, что перекрывает убыток, определенный по разнице приведенных затрат в размере 0,77 р.

В Бауском и Огрском леспромхозах дополнительный эффект от увеличения уровня использования биомассы дерева выше (4,11 и 4,43 р./м³), потому что на этих предприятиях технологическая щепка вырабатывается передвижными установками на верхнем складе и в качестве сырья для ее производства используются, прежде всего, отходы лесозаготовок. Дополнительный эффект и в данном случае больше убытков, определяемых с помощью приведенных затрат по действующей методике.

Исследования подтвердили необходимость дополнения действующей методики оценки сравнительной экономической эффективности внедряемых технологий: 1) введением удорожающей поправки ($K_{уд}$) к приведенным затратам сравниваемых вариантов, что позволяет определить дополнительный количественный эффект от увеличения степени использования биомассы дерева; 2) определением дополнительной прибыли, получаемой за счет выработки полезной продукции из вновь осваиваемых фракций биомассы.

Уточненная методика оценки эффективности с учетом уровня использования биомассы дерева будет способствовать созданию и внедрению безотходных технологий.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. КПСС. Съезд (27; 1986; Москва). Основные направления экономического и социального развития СССР на 1986—1990 годы и на период до 2000 года.— М.: Политиздат, 1986.— 95 с. [2]. Горышин П. И., Лобовиков Т. С., Саркисов В. В. Экономическое обоснование схем транспортного освоения лесов.— Л.: ЛТА, 1965.— 164 с. [3]. Методика определения экономической эффективности использования в лесозаготовительной промышленности и на лесосплаве новой техники, изобретений и рационализаторских предложений.— М.: Минлеспром СССР, 1979.— 340 с. [4]. Павлов Б. И., Кудимова Е. Т. Экономическое обоснование проектов лесозаготовительных предприятий.— М.: Лесн. пром-сть, 1971.— 136 с. [5]. Петров А. П. Экономическая эффективность и условия создания безотходных технологий в отраслях лесного комплекса.— Л.: ЛДНТИ, 1986.— 28 с. [6]. Флюшкин Г. Н. Принципы и методы оценки потерь древесных ресурсов при сплаве леса и эффекта от их сокращения: Дис. ... канд. экон. наук.— Л.: ЛТА, 1983.— 153 с.

Поступила 30 июня 1986 г.

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

УДК 630*232

ОСОБЕННОСТИ СОЗДАНИЯ
ЛЕСНЫХ КУЛЬТУР СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ
В ЛЕСНОЙ ЗОНЕ УКРАИНСКОЙ ССР

М. И. ГОРДИЕНКО, Ф. М. БРОВКО, Н. М. ГОРДИЕНКО

Украинская сельскохозяйственная академия

На территории Украины, как и других республик, вследствие систематического выполнения плановых заданий по созданию искусственных насаждений лесокультурный фонд использован полностью. В будущем в лесокультурном фонде Украины будут преобладать свежие вырубки, на которых инструкцией рекомендовано создание частичных культур с размещением рядов через 4 м и более [2]. Между тем обследование лесных культур в Волынской, Житомирской, Киевской и Ровенской областях показывает, что культуры сосны с такой шириной междурядий в условиях лесной зоны Украины уступают по лесоводственным и таксационным показателям культурам с шириной междурядий 1,5...2,5 м. Это связано с тем, что часть естественного возобновления, на которое ориентируются при создании культур с широкими междурядьями, обычно погибает под пологом лесонасаждений в результате неумеренного выпаса скота и возрастающих рекреационных нагрузок, а применяемая технология разработки вырубок и обработки почвы под лесные культуры не обеспечивает сохранности естественного возобновления, уцелевшего к моменту рубки, и вместе с тем способствует расселению травянистых растений.

На вырубках естественное возобновление сосны обычно появляется в первые два года после рубки материнского насаждения. В последующие сроки семена хотя и прорастают, но вследствие интенсивного развития травянистой растительности погибают в первой половине вегетационного периода. По нашим наблюдениям, самосев и саженцы сосны одного возраста до 2—3 лет имеют одинаковые размеры или самосев несколько больше. В последующие годы лесные культуры обгоняют в росте самосев (табл. 1). По мере роста лесные культуры затеняют самосев, и он, не выдерживая конкуренции с травянистой растительностью, выпадает из насаждений. Уменьшение числа самосева сосны в культурах наблюдается с 4...6 лет, а полное его исчезновение — через 9...15 лет после создания культур.

Болеe энергичный рост лесных саженцев сосны по сравнению с самосевом объясняется тем, что в первые 3—4 года после посадки в рядах культур проводятся агротехнические уходы с уничтожением сорняков и рыхлением почвы в полосе 0,5...0,6 м. При одинаковых климатических и почвенных условиях эти уходы благоприятствуют росту саженцев, так как на вырубках уже в первый год после рубки насаждений начинают интенсивно формироваться ассоциации травянистых растений, не характерные для покрытых лесом площадей, с преобладанием вейника наземного, пырея ползучего и мятлика узколистного.

Вейник наземный в междурядьях культур, созданных на вырубках свежих боров, максимального развития достигает в 6-7-м вегетационном периоде (до 52 кустов на 1 м² при высоте 78...88 см), а в свежих суборях — на 3-й год (до 42 кустов при высоте до 85 см); пырей ползучий и мятлик узколистный — в 4-м вегетационном периоде (до 45 кустов на 1 м² при высоте 25...32 см). По данным В. В. Миронова [5], травянистая растительность в нормальные по влажности годы потребляет столько же влаги, сколько и 19-летние сомкнутые насаждения, а в засушливые годы больше, чем сомкнутые культуры в жердняковом возрасте. В 30-летнем сосновом насаждении, как отмечает С. А. Уайльд [6], травянистая растительность расходует больше воды (48 т на 1 га в год), чем деревья сосны (33 т на 1 га) за это время. По его данным, запас сосновой древесины в результате расхода влаги из почвы травянистой растительностью может снижаться с 170 до 67 м³ на 1 га. Заметное угнетение естественного подроста сосны, как отмечают В. С. Шумаков и В. Н. Кураев [7], наблюдается при сомкнутости травянистого покрова 0,4...0,6. У вейника наземного, пырея ползучего и мятлика узколистного надземная часть менее развита, чем корневая система. На надземную часть приходится только 12...34 % общей массы растений.

По мере роста лесных культур ослабляется развитие светолюбивых травянистых растений (вейник, пырей, зверобой, мелколепестник и др.): в 2—3-метровых междурядьях культур, созданных в борах, — на 6—7-й год, в суборях — на 3—5-й год. Раскопка корневых систем показала, что при отсутствии сорной травянистой раститель-

Таблица 1

Характеристика саженцев и самосева сосны в лесных культурах, произрастающих на вырубках

Но- мер проб- ной пло- щади	Квар- тал	Тип ле- сорастиг- тельных условий	Размещение посадочных мест, м	Воз- раст, лет	Число расте- ний на 1 га, шт.	Средние		
						высо- та, м	диаметр кроны, см	
							вдоль ряда	попе- рек ряда
Звонковское лесничество Киевской области								
1	47	B ₂	2,5 × 0,7	<u>1</u>	—	<u>0,08</u>	<u>8</u>	<u>7</u>
				1—2	222	0,10	10	11
2	47	B ₂	2,5 × 0,7	<u>3</u>	274	<u>0,35</u>	<u>29</u>	<u>30</u>
				2—4	274	0,16	12	14
3	82	B ₂	2,0 × 0,7	<u>4</u>	—	<u>1,10</u>	<u>76</u>	<u>83</u>
				3—4	444	0,62	28	31
4	71	B ₂	2,5 × 0,7	<u>7</u>	—	<u>2,80</u>	<u>151</u>	<u>154</u>
				6—10	29	0,76	31	48
5	93	B ₂	1,5 × 0,7	<u>9</u>	—	<u>3,70</u>	<u>148</u>	<u>154</u>
				9—10	31	1,40	48	55
Ржищевское лесничество Киевской области								
6	146	A ₂	2,5 × 0,5	<u>3</u>	—	<u>0,24</u>	<u>32</u>	<u>33</u>
				3—6	185	0,26	24	26
7	160	A ₂	3,0 × 0,5	<u>4</u>	—	<u>0,56</u>	<u>44</u>	<u>46</u>
				3—6	101	0,39	29	29
8	79	A ₂	2,5 × 0,5	<u>6</u>	—	<u>1,26</u>	<u>66</u>	<u>71</u>
				4—8	136	0,58	36	37
9	146	A ₂	2,5 × 0,5	<u>8</u>	—	<u>1,85</u>	<u>84</u>	<u>92</u>
				7—12	80	0,63	46	42
10	147	A ₂	2,5 × 0,5	<u>9</u>	—	<u>2,00</u>	<u>95</u>	<u>101</u>
				9—14	37	0,76	54	61
11	73	A ₂	3,0 × 0,7	<u>11</u>	—	<u>3,10</u>	<u>132</u>	<u>143</u>
				—	0	—	—	—
Новочервицкое лесничество Волынской области								
12	12	A ₁	2,5 × 0,7	<u>1</u>	—	<u>0,05</u>	<u>4</u>	<u>5</u>
				1—3	125	0,08	6	8
13	21	A ₁	2,5 × 0,7	<u>3</u>	—	<u>0,32</u>	<u>28</u>	<u>26</u>
				2—4	211	0,47	29	21
14	17	A ₁	2,5 × 0,7	<u>7</u>	—	<u>1,17</u>	<u>107</u>	<u>109</u>
				4—8	123	1,07	69	71
15	15	A ₁	2,5 × 0,7	<u>9</u>	—	<u>1,59</u>	<u>112</u>	<u>107</u>
				7—10	63	1,18	79	82

Примечание. В числителе — данные для саженцев; в знаменателе — для самосева.

ности в 4—7-летних культурах, произрастающих в борах, в верхнем 10-сантиметровом слое почвы сосредоточено 68...75 % физиологически активных корней, а в субориях — 31...40 % от общей массы корней, учтенных в 2-метровой толще. При сильном задержании почвы в середине междурядий культур сосны, произрастающих в борах, в верхнем 10-сантиметровом слое почвы корни сосны отсутствуют до 8 лет, а в субориях — до 3 лет. Травянистая растительность, интенсивно разрастаясь в междурядьях культур, вытесняет корни сосны из верхних в нижние менее плодородные горизонты почвы. В культурах сосны с 2—3-метровыми междурядьями до 8-летнего возраста в

Таблица 2
Характеристика 10-летних культур сосны обыкновенной на вырубках с наличием естественного возобновления в Звонковском лесничестве Киевской области, созданных в свежих сложных субурях

Номер пробной площади	Местонахождение участка	Размещение посадочных мест, м	Число лесохозяйственных посадочных мест на 1 га, тыс. шт.		Утраченная продуктивность, % [4]	Процент сохраняющихся деревьев	Сомкнутость крон, единицы		Процент деревьев, у которых			
			По проекту	Сохранились			Соотношение кустов	Хозяйственно оптимальная густота [4]	в ряду	между рядами	ствол не начал очищаться от сухих веток	отмечено наличие
16	Квартал 11, участок 5 (контроль)	2,0 × 0,7	7,1	3,6	3,0	—	50	1,4	1,0	10,0	—	1
17	Квартал 22, участок 1	4,0 × 0,8	3,1	0,9	4,4	60	30	0,5	0,4	6,7	25	—
18	» 74 » 3	4,9 × 0,9	2,8	1,8	4,4	40	65	1,0	0,4	9,8	51	4
19	» 61 » 1	5,0 × 0,8	2,5	1,0	4,4	60	40	0,5	0,2	8,6	50	—

Таблица 3

Средние таксационные показатели роста 10-летних культур сосны обыкновенной на вырубках с наличием естественного возобновления в Звонковском лесничестве Киевской области

Номер пробной площади	Высота		Диаметр		Высота первой усаженной ветки		Высота первой живой ветки		Площадь проекции кроны		Протяженность кроны		
	м	по отношению к контролю	см	по отношению к контролю	м	по отношению к контролю	м	по отношению к контролю	м ²	по отношению к контролю	%		
											%	t	%
16	4,8	100	6,2	100	0,20	100	1,49	100	3,3	100	69	100	
17	2,6	54	3,0	48	0,19	95	0,59	40	1,5	46	10	76	
18	2,6	54	2,8	45	0,09	45	0,39	26	1,6	50	9	83	
19	1,9	40	1,8	29	0,09	45	0,36	24	0,9	26	13	81	
													8

Примечание. t — критерий значимости Стьюдента.

верхнем 10-сантиметровом слое почвы масса корней сосны на 48 % меньше, чем травянистой растительности, что значительно снижает энергию роста саженцев и самосева. Общее смыкание крон и начало формирования лесной обстановки в культурах зависит от типа лесорастительных условий и ширины междурядий. Так, по нашим данным, в свежих субборах при ширине междурядий 1,5 м общее смыкание крон сосны наступает на 9-й год, в свежих борах с шириной междурядий 2,5 м — на 12-й год, при ширине междурядий 3,0 м — на 19—20-й год после создания лесных культур. В свежих субборах, как установил В. А. Бузун [1], увеличение расстояния между рядами на 0,5 м сопровождается отодвиганием срока смыкания крон между рядами на 2 года, а в свежих борах — на 3 года [3].

В свежих сложных субборах также не приходится ориентироваться на естественное возобновление, поскольку к 10-летнему возрасту (табл. 2 и 3), в частичных культурах сомкнутость крон между рядами составляет 0,2...0,4, а средняя высота на 46...60 % ниже, чем в сплошных культурах. Число сохранившихся деревьев ниже хозяйственно оптимальной густоты, предложенной А. Градяцкасом и А. Малинаускасом [4]. В результате недостаточной густоты в частичных 10-летних культурах сосны утраченная продуктивность составляет 40...60 %.

Таким образом, нельзя ориентироваться на естественное возобновление и создание частичных культур сосны обыкновенной на свежих вырубках лесной зоны Украинской ССР. Предпочтение следует отдавать лесным культурам с шириной междурядий 1,5...2,0 м с последующим проведением лесоводственных уходов, что обеспечит более рациональное использование лесокультурных площадей и увеличит объем промежуточного пользования за счет заготовки тонкомерной древесины, хвои для хвойно-витаминного производства и новогодних елок.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Бузун В. А. Рост и продуктивность сосново-лиственново-еловых культур Полесья// Лесоводство и агролесомелиорация.— Киев, 1971.— Вып. 22.— С. 18—22.
 [2]. Вакулюк П. Г. Методические рекомендации по совершенствованию технологии и организации труда на работах по созданию лесных культур.— Киев: МЛХ, 1976.— 316 с. [3]. Гордиенко М. И. Культуры сосны обыкновенной.— Киев: УСХА, 1979.— 68 с. [4]. Градяцкас А., Малинаускас А. Оценка лесных культур// Справочник по лесным культурам.— М.: Лесн. пром-сть, 1984.— С. 156. [5]. Миронов В. В. Обследование песков юго-востока.— М.: Лесн. пром-сть, 1970.— 168 с. [6]. Уайльд С. А. Влияние сорной растительности на прирост лесных насаждений// Лесоведение.— 1969.— № 1.— С. 23—24. [7]. Шумаков В. С., Куряев В. Н. Современные способы подготовки почвы под лесные культуры.— М.: Лесн. пром-сть, 1973.— 160 с.

УДК 631.313.001.1

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕАКТИВНЫХ СИЛ СОПРОТИВЛЕНИЯ ПОЧВЫ, ДЕЙСТВУЮЩИХ НА РАБОЧИЕ ОРГАНЫ ДВУХСЛЕДНОЙ ДИСКОВОЙ БОРОНЫ

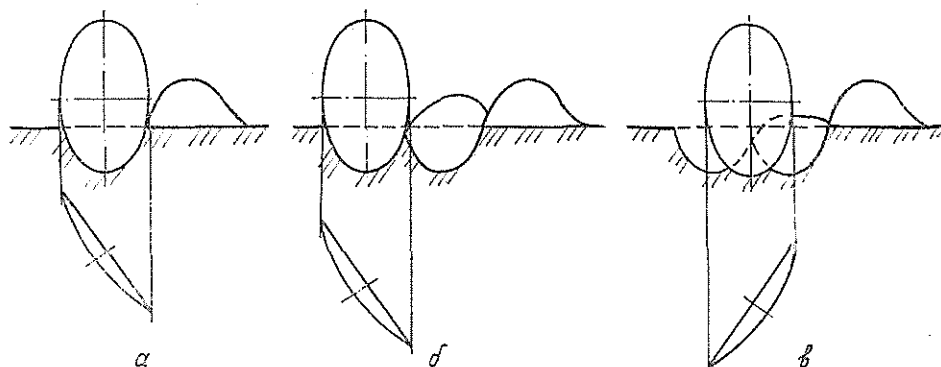
В. И. ВЕРШИННИН

Воронежский лесотехнический институт

Для разделки пластов почвы после вспашки плугами общего назначения, кустарниково-болотными и лесными, предпосевной и предпосадочной обработки, рыхления почвы и уничтожения сорной растительности в междурядьях лесных культур, для минерализации почвы широко применяют двухследные дисковые бороны. Они способны перекапываться через небольшие препятствия, меньше подвержены забиванию растительными остатками, залипанию, медленнее изнашиваются, более устойчивы против поломок по сравнению с орудиями других типов. Однако отсутствие предохранительных устройств значительно снижает их проходимость на нераскорчеванных вырубках.

Для оснащения таких орудий предохранительными устройствами с определенными параметрами необходимо знать силы сопротивления почвы, действующие на рабочие органы как передних, так и задних дисковых батарей.

При работе двухследной дисковой бороны первый диск каждой передней батареи отрезает и отваливает пласт на поверхность почвы (схема а на рисунке). Второй и последующие диски этой батареи отваливают пласты почвы в борозды через гребни, образуемые между двумя соседними дисками (схема б). Диски задней батареи срезают эти гребни и перемещают в противоположную сторону (схема в).



Схемы отваливания пласта различными дисками двухследной дисковой бороны.
 а — на поверхность поля; б — через гребень; в — срезание гребня.

Для определения реактивных сил сопротивления почвы, действующих на отдельные диски, было осуществлено пространственное тензометрирование одиночного диска, установленного по одной из указанных схем.

Определены реактивные силы сопротивления почвы, действующие на диски диаметром 660 мм, которые применяются на тяжелых дисковых боропах. Эти диски имеют радиус кривизны сферической поверхности 660 мм (ГОСТ 198—59). Исследовали диски как со сплошной режущей кромкой, так и с вырезной. При работе дисков на лесных объектах задержание почвы, различная ее твердость, наличие порубочных остатков, корней и других препятствий затрудняют возможность выявить зависимость реактивных сил сопротивления почвы от геометрических параметров дисков, поэтому опыты проводили в почвенном канале с однородной почвой, в котором поддерживали постоянную ее твердость и влажность. Диск перемещался с помощью самоходной тележки. В вертикальном положении его крепили к фланцу, закрепленному на оси в подшипниках качения. Корпус подшипников посредством стойки присоединяли к рамке, установленной на шести тензозвеньях, позволяющих осуществлять пространственное тензометрирование почвообрабатывающего рабочего органа. Через силы, передаваемые на тензозвенья и фиксируемые осциллографом, определяли систему сил R_x , R_y и R_z , характеризующих величину преодолеваемых диском реактивных сил сопротивления почвы по трем направлениям: совпадающему с направлением поступательного движения диска — сила R_x (тяговое сопротивление диска), горизонтальному, перпендикулярному к направлению поступательного движения — сила R_y и вертикальному — сила R_z . Опыты проводили при обработке почвы твердостью $(10 \dots 14) \times 10^5$ Па и влажностью 8...10 %, определяемых общезвестными методами. Диск устанавливали на глубину обработки почвы 20 см, которую выдерживали постоянной при проведении исследований.

При отваливании пласта на поверхность почвы исследовали влияние на реактивные силы сопротивления почвы угла постановки плоскости режущей кромки диска к направлению поступательного движения (угла атаки).

Средние значения реактивных сил сопротивления почвы, полученные при проведении исследований, представлены в таблице. Здесь же приведен коэффициент вариации указанных сил.

Анализ показал, что с уменьшением угла атаки тяговое сопротивление невырезного диска R_x снижается и при угле атаки, равном примерно $17,5^\circ$, минимально; затем оно возрастает, так как диск начинает сильно сминать почву тыльной (выпуклой) стороной.

Боковая реакция почвы R_y с уменьшением угла атаки также снижается. При угле атаки около $17,5^\circ$ она приближается к нулю, а затем начинает действовать на диск уже с противоположной стороны (отрицательные значения).

Вертикальная реакция почвы R_z , наоборот, с уменьшением угла атаки диска возрастает. Коэффициент вариации всех сил сопротивления почвы увеличивается с уменьшением угла атаки диска.

Анализ полученных данных показал, что при уменьшении угла атаки диска менее 20° заглубляемость диска резко ухудшается, т. е. более интенсивно возрастает вертикальная реакция почвы. Для бороны, предназначенной для обработки почвы на нераскорчеванных вырубках, нами был принят угол атаки дисков 20° . В последующем эта бороны была оснащена предохранительными устройствами. При большем угле атаки возрастают нагрузки как на рабочие органы, так и на другие детали орудия во

Значения реактивных сил сопротивления почвы при работе дисков, установленных по различным схемам

Тип диска	Вид установки диска	Угол атаки диска, град	Значения реактивных сил сопротивления почвы, даН			Коэффициент вариации, %		
			R_x	R_y	R_z	R_x	R_y	R_z
Невырезной	Пласт отваливается на поверхность почвы	35,0	630,0	603,0	230,0	8,5	9,7	10,8
		30,0	535,2	528,8	235,2	9,1	12,6	12,3
		25,5	448,2	418,2	243,7	9,7	13,7	14,8
		22,5	413,7	390,0	250,0	13,0	15,3	15,7
		20,0	400,1	373,3	260,1	13,7	15,6	17,0
		17,5	380,0	-2,2	280,0	14,5	47,2	17,8
		15,0	398,9	-90,2	317,1	15,2	48,7	21,7
		12,5	401,4	-140,0	387,2	15,8	46,8	23,9
		20,0	178,2	146,0	89,4	15,2	10,7	12,7
			Снятие гребня	20,0	81,4	57,3	22,9	19,2
Вырезной	Пласт отваливается на поверхность почвы	20,0	289,5	357,7	147,2	12,6	10,3	8,5
		20,0	152,6	102,2	62,3	27,4	16,0	13,2
	Снятие гребня	20,0	78,2	41,4	20,9	23,8	16,7	6,3

время перекачивания дисков через препятствия. Поэтому дальнейшие опыты по определению реактивных сил сопротивления почвы, действующих на диск с невырезной и вырезной режущей кромкой при различных схемах его установки, были проведены при угле атаки 20°.

При отваливании пласта в открытую борозду все реактивные силы сопротивления почвы в 2...3 раза меньше, чем при отваливании пласта на поверхность почвы. При снятии гребня тяговое сопротивление диска меньше примерно в 5 раз, боковая реакция почвы — в 6,5, вертикальная — в 11 раз.

Такая существенная разница в значениях реактивных сил сопротивления почвы наблюдалась и при работе вырезного диска при различном отваливании пласта, хотя при одной и той же установке на вырезной диск действуют несколько меньшие реактивные силы сопротивления почвы.

Таким образом, вырезные диски предпочтительнее, так как они менее энергоемки, лучше заглубляются и в то же время, как показала практика, более интенсивно крошат почву. Существенная разница в значениях реактивных сил сопротивления почвы, действующий на диски передней и задней батарей при двухследном расположении рабочих органов, должна учитываться при конструировании двухследных дисковых орудий с предохранительными устройствами.

УДК 674.815-41

ОПТИМИЗАЦИЯ СТРУКТУРЫ СТРУЖЕЧНОГО КОВРА

С. М. ПЛОТНИКОВ

Сибирский технологический институт

Современные формирующие машины настраивают на определенную плотность или толщину формируемых стружечных ковров (пакетов), внутренний и наружные слои которых имеют постоянное, заранее заданное соотношение, не зависящее от породы исходной древесины, качества изготовления стружки и ее размеров в данных слоях. Это приводит к тому, что изготавливаемая древесностружечная плита не имеет максимальных прочностных показателей, которые можно получить в результате оптимизации соотношения слоев стружечного ковра.

На рис. 1, а представлена модель сечения трехслойной плиты, на рис. 1, б — модель эквивалентного сечения однородной плиты равной прочности; здесь E_v и E_n — модули упругости соответственно внутреннего и наружных слоев плиты.

Момент сопротивления сечения второй модели W_0 (рис. 1, б) определяли по формуле [2]

$$W_0 = \left(\frac{H-h}{H} B + \frac{h}{H} a \right) \frac{H^2}{6} = a_{\text{ср}} \frac{H^2}{6}, \quad (1)$$

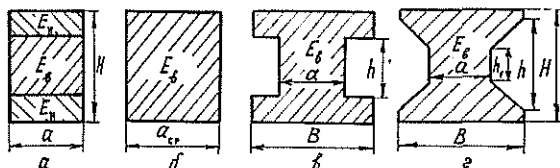


Рис. 1. Модели поперечных сечений древесностружечной плиты.

где H — толщина плиты;
 h — толщина внутреннего слоя;
 $B = \frac{E_{н}}{E_{в}} a$ — ширина сечения плиты, приведенная к материалу внутреннего слоя;
 a — фактическая ширина сечения плиты;
 $a_{ср}$ — усредненная ширина эквивалентного сечения однородной плиты.

Момент сопротивления сечения идеально сформированной плиты W_1 , т. е. без попадания мелкой стружки во внутренний слой, а крупной стружки — в наружные слои ковра (модель рис. 1, в), вычисляли по выражению [2]:

$$W_1 = \frac{BH^3 - (B - a)h^3}{6H}. \quad (2)$$

Отношение момента W_1 к моменту W_0 равно отношению изгибающих моментов, при которых происходит разрушение плиты. Следовательно, разделив выражение (2) на (1), получим степень увеличения предела прочности K_0 идеально сформированной трехслойной плиты по отношению к плите, в которой крупные и мелкие стружки сплошно не разделены:

$$\frac{W_1}{W_0} = \frac{\beta - \alpha^3(\beta - 1)}{\beta - \alpha(\beta - 1)} = k_0. \quad (3)$$

где $\alpha = \frac{h}{H}$ — коэффициент, показывающий, какую часть толщины плиты занимает внутренний слой;
 $\beta = \frac{B}{a} = \frac{E_{н}}{E_{в}}$ — коэффициент, характеризующий соотношение модулей упругости внутреннего и наружных слоев.

По данным работы [3], величина β изменяется от 1 (однослойный ковер без фракционирования) до 2,5 (трехслойный ковер) и зависит от породы исходной древесины, количества связующего в слоях, формы и размеров стружки. Согласно данным работы [1], при изготовлении трехслойных плит из специально изготовленной стружки соотношение внутреннего и наружных слоев рекомендуется принимать равным 1:4:1, т. е. $\alpha = 0,667$. Однако данное соотношение весьма приближенное, а формирование стружечных ковров с таким соотношением слоев не дает наибольшей прочности изготавливаемых плит.

Для оптимизации структуры трехслойной плиты по критерию ее прочности при изгибе для различных величин β необходимо найти такие значения α , при которых значение k_0 будет максимально. Результаты максимизации выражения (3) представлены на рис. 2. Из рисунка видно, что соотношение слоев по толщине трехслойной плиты, равное 1:4:1, будет оптимально только для $\beta = 2,2$. При меньшем значении β необходимо увеличивать долю внутреннего слоя в плите, например, при $\beta = 1,2$ (плиты с наружными слоями из мелкой стружки) максимальная прочность плиты при изгибе наблюдается при соотношении слоев 1:3:1.

Полученная зависимость позволит определить оптимальное соотношение слоев формируемого стружечного ковра с различными характеристиками входящей в них стружки из условия наибольшей прочности при статическом изгибе изготавливаемой древесностружечной плиты.

При фракционировании стружки по толщине ковра происходит проникновение стружки мелкой фракции во внутренние слои ковра, а крупной стружки — в наружные слои, т. е. существует некоторая погрешность послойной структуры ковра. Подобное нарушение послойной структуры ковра возможно также в процессе его транспортировки до пресса в результате вибраций и ускорений. В формирующей машине с механическим фракционированием данная погрешность определяется в основном непостоянством угла встречи стружки с расщепляющим вальцом, а в формирующей машине с пневматическим фракционированием — различием формы стружек и изменением углов встречи их с воздушным потоком в процессе полета.

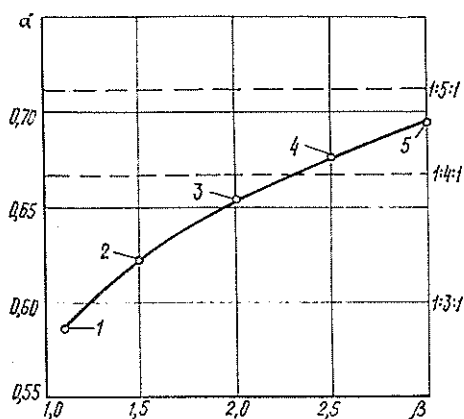


Рис. 2. Зависимость α (β) при $k_0 = \max$. Точками показано повышение предела прочности трехслойной плиты относительно однородной плиты: 1 — на 3%; 2 — на 16%; 3 — на 28%; 4 — на 37%, 5 — на 44%.

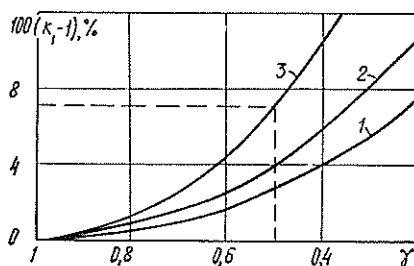


Рис. 3. Зависимость изменения уменьшения предела прочности плиты от погрешности послойной структуры ковра γ .

1 — при $\alpha = 0,7$ и $\beta = 1,4$; 2 — при $\alpha = 0,6$ и $\beta = 2,5$; 3 — при $\alpha = 0,7$ и $\beta = 2,5$.

Считая, что проникновение мелкой стружки внутрь ковра уменьшается линейно от его верхней и нижней поверхностей к середине, получим модель сечения плиты, представленную на рис. 1, а. На основании данной модели находим момент сопротивления сечения плиты с учетом погрешности послойной структуры

$$W_2 = \frac{BH^3 - (B - a) [h_1^3 - 3h_1^2(h - h_1) + 4h_1(h - h_1)^2 - 2(h - h_1)^3]}{6H}, \quad (4)$$

где h_1 — толщина слоя плиты, в котором не содержится стружка мелкой фракции, а величина h в данном случае определяет толщину внутреннего слоя, в который проникает крупная стружка.

Разделив (2) на (4), получим степень уменьшения предела прочности плиты в зависимости от погрешности послойной структуры ковра:

$$\frac{W_1}{W_2} = \frac{\beta - \alpha^3(\beta - 1)}{\beta - \alpha^3(\beta - 1)(\gamma^2 - 2\gamma + 2)} = k_1. \quad (5)$$

Здесь $\gamma = \frac{h_1}{h}$ — коэффициент, характеризующий долю проникновения мелкой стружки внутрь ковра (погрешность послойной структуры).

Величина $100(k_1 - 1)$ определяет процентное уменьшение прочности плиты, происходящее из-за неточного фракционирования стружки в процессе формирования ковра. На рис. 3 показана зависимость изменения данной величины для различной конфигурации сечения плиты, т. е. для разной погрешности послойной структуры.

Из рис. 3 видно, что чем меньшую часть плиты занимают наружные слои и чем больше модуль упругости этих слоев по отношению к модулю упругости внутреннего слоя, тем сильнее сказывается влияние нарушения структуры ковра на прочность древесностружечной плиты при статическом изгибе. При увеличении погрешности послойной структуры вдвое ($\gamma = 0,5$), например из-за неправильной установки рассеивающего вальца или уменьшения скоростного давления рассеивающего воздушного потока либо из-за вибраций и ускорений ковра при транспортировке, плита ($\alpha = 0,7$ и $\beta = 2,5$) теряет прочность на 7%.

Таким образом, полученные зависимости позволяют определить оптимальную структуру стружечного ковра, при которой улучшается наиболее важный показатель механических свойств плиты — предел прочности при статическом изгибе, а также оценить потерю прочности плиты из-за нарушения послойной структуры ковра в процессе его формирования и транспортировки до горячего пресса.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Модлин Б. Д., Отлев И. А. Производство древесностружечных плит.— М.: Высш. школа, 1977.— 216 с. [2]. Справочник машиностроителя / Под ред. С. В.

Серенсен: В 6-ти томах.— 3-е изд., испр. и доп.— М.: Машгиз, 1962.— Т. 3.— 651 с. [3]. Шварцман Г. М. Производство древесностружечных плит.— М.: Лесн. пром-сть, 1977.— 312 с.

УДК 674.093.26.001

МИКРОСКОПИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ФАНЕРЫ В ОБЛАСТИ КЛЕЕВОГО СЛОЯ

А. Н. ЧУБИНСКИЙ, Г. БЛЫСКОВА

Ленинградская лесотехническая академия
Софийский лесотехнический институт

Электронную микроскопию широко используют в древесиноведении для идентификации древесных пород. Определенный интерес представляет изучение клеевого слоя и области пропитанной клеем древесины клееных древесных материалов.

В лаборатории механической технологии древесины Хельсинского технологического университета на сканирующем электронном микроскопе SEM-505 фирмы Philips нами получены фотографии клеевого соединения березовой фанеры марки ФСФ, изготовленной по существующим режимам.

Задачи исследования включали: определение толщины клеевого слоя и глубины проникновения клея в древесину; определение структуры клеевого слоя и слоя древесины, пропитанной клеем.

Ранее проведенные исследования [1—4] позволили получить интересные с практической и научной точек зрения результаты, сущность которых заключается в следующем.

1. Область древесины, пропитанная клеем, деформируется в большей степени, чем непропитанная. Наличие этой области (промежуточной зоны между клеевым слоем и древесиной, непропитанной клеем) повышает прочность и водостойкость клеевого соединения [2, 3]. Повышение прочности объясняется тем, что промежуточный слой компенсирует значительное различие в физико-механических свойствах клея и древесины. Улучшение водостойкости вызвано тем, что влага при разветвленном клеевом слое (при проникновении клея в древесину) не может создать сплошной водяной слой между клеем и древесиной.

2. При наличии в клее наполнителя клеевой слой формируется, в основном, за счет последнего.

3. Механическая связь между клеем и древесиной (за счет проникновения клея в древесину и его отверждения) играет существенную роль в формировании клеевого соединения, в первую очередь при использовании неполярных клеев, например, полипропилена [1].

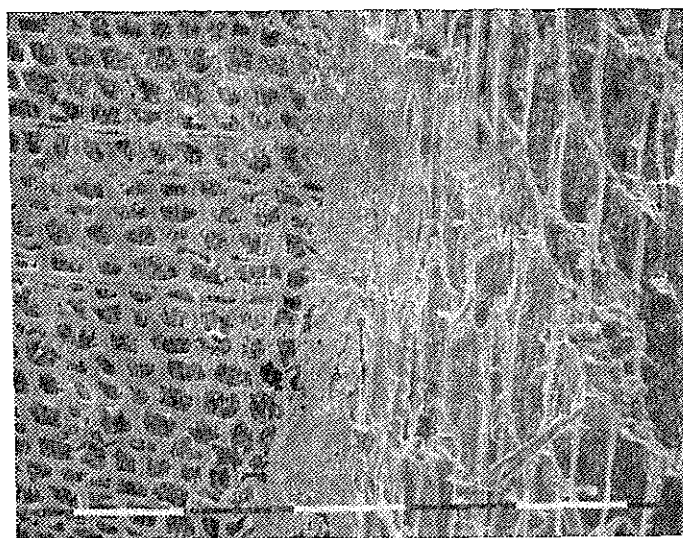


Рис. 1. Микрофотография фанеры в области клеевого слоя. Увелич. в 140 раз.

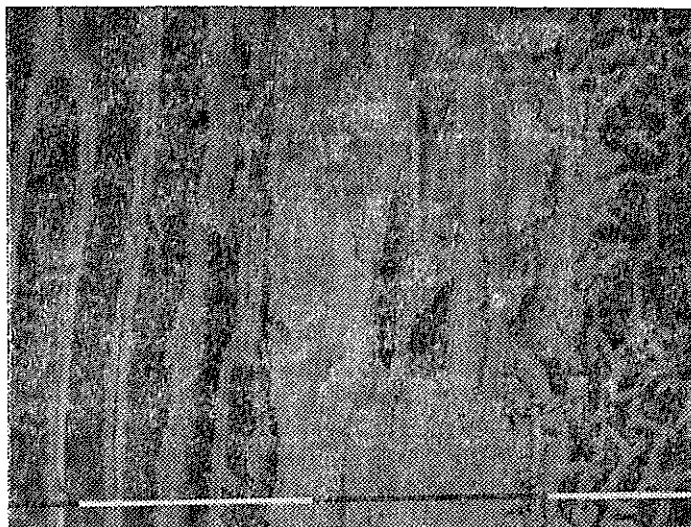


Рис. 2. Микрофотография фанеры в области клеевого слоя.
Увелич. в 290 раз.

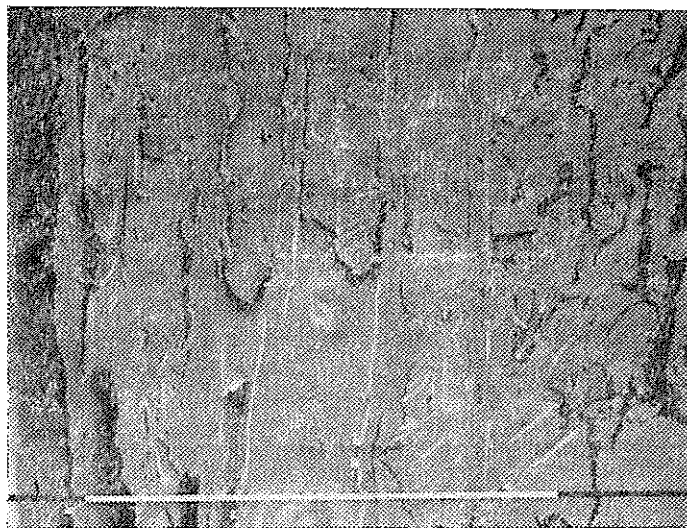


Рис. 3. Микрофотография фанеры в области клеевого слоя.
Увелич. в 580 раз.

4. Качество склеивания не зависит от способа обработки поверхности (например, шлифованием и цилиндрическим фрезерованием), несмотря на морфологические различия поверхностей древесины, обработанной различными способами.

Анализ полученных нами результатов (см. рис.) показал, что клеевой слой неоднороден как по структуре, так и по толщине. В отдельных местах клеевого слоя практически нет, листы шпона, пропитанные клеем, непосредственно контактируют друг с другом.

Толщина клеевого слоя находится в пределах от 0,001 до 0,03 мм, а глубина проникновения клея в древесину — до 0,14 мм. Клей полностью заполняет открытые поверхностные поры древесины, образуя пустоты в зоне, пропитанной клеем древесины. Клетки древесины, находящиеся в непосредственной близости от клеевого слоя, больше подвержены деформированию. Очевидно, это связано с нарушением их целостности в процессе лущения. Упрессовка фанеры происходит, в основном, за счет этой области.

Известно, что после снятия давления происходит частичное восстановление размеров шпона; это восстановление в переходной зоне сдерживается отвержденным клеем.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Goto T., Saiki H., Onishi H. Studies on Wood Gluing XIII: Gluability and Scanning Electron Microscopic Study of Wood-Polypropylene Bonding // Wood Science and Technology.—1982.—16(4).—P. 21—31. [2]. Harada H., Davies G. W., Plomley K. F. Preliminary Microscopic Studies of Wood Structure and Adhesion in Plywood // Forest Products Journal.—1968.—18(2).—P. 86—90. [3]. Hare D. A., Kutscha N. P. Microscopy of Eastern Spruce Plywood Gluelines // Wood Science.—1974.—6(3).—P. 294—303. [4]. Murmanis L., River B. H., Stewart H. Microscopy of Abrasive-Planed and Knife-Planed surfaces in Wood-Adhesive Bonds // Wood and Fiber Science.—1983.—15(2).—P. 102—115.

УДК 621.311.23 + 621.436

НОРМИРОВАНИЕ РАСХОДА ТОПЛИВА ДЛЯ ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРОВ ЛЕСНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

А. Э. ПИИР, Л. М. РЖАНИЦЫНА, В. Н. СЕРДЕЧНЫЙ

Архангельский лесотехнический институт, СевНИИП

На предприятиях Минлесбумпрома находится в эксплуатации несколько тысяч дизель-генераторов сорока различных марок единичной мощностью от 30 до 900 кВт. Ежегодно дизель-генераторы потребляют 230 тыс. т дизельного топлива и вырабатывают около 1 млрд кВт·ч электроэнергии.

В перспективе до 2000 г. не ожидается заметного снижения общей численности дизель-генераторов и выработки электроэнергии. Основными типами машин останутся дизель-генераторы единичной мощностью 100, 315 и 630 кВт с удельными расходами основного топлива от 325 до 354 г/(кВт·ч) при номинальной мощности дизеля.

Известно, что фактический удельный расход топлива технически исправным дизель-генератором заметно превышает паспортный номинальный расход и определяется нагрузкой дизеля по мощности, КПД электрогенератора, расходом электроэнергии на собственные нужды, продолжительностью работы на холостом ходу, частотой пусков и т. д. При загрузке дизеля на 50 % от номинальной удельный расход топлива согласно нагрузочным характеристикам возрастает на 12...14 %, расход топлива увеличивается на 7...12 % из-за электромеханических потерь в генераторе, 3...4 % электроэнергии расходуется на собственные нужды.

Таким образом, технологический удельный расход топлива дизель-генератором может превышать паспортный номинальный на 25...30 %.

Превышение отчетных удельных расходов топлива над удельными расходами при номинальной мощности характерно для большинства лесопромышленных объединений Минлесбумпрома СССР (табл. 1).

Таблица 1

Коэффициенты расхода дизельного топлива
(данные 1981 г.)

Объединение	Дизель-генераторы		Коэффициент расхода топлива
	Число	Средняя мощность, кВт	
Кареллеспром	162	200	1,19
Свердлеспром	72	60	1,50
Союзлесдрев	5	500	1,95
Союзфанспичпром	2	800	1,60
Комилеспром	166	270	1,30
Горьклес	16	123	1,04
Удмуртлес	23	181	1,58
Омсклес	8	350	1,73

Обращает внимание тот факт, что коэффициенты расхода топлива в различных лесопромышленных объединениях сильно разнятся: от неправдоподобно низкого 1,04 до необъяснимо высокого 1,95.

Длительный период времени нормирование расходов топлива в объединениях Милесбумпрома производили на основании многолетних отчетных данных. Это привело к различию в нормах на 10...30 % даже для лесопромышленных объединений, находящихся в сопоставимых производственных условиях. Так, при средней по министерству норме условного топлива 427 г/(кВт·ч), Вологдалеспром и Кареллеспром имели плановые нормы условного топлива 409 и 448 г/(кВт·ч) соответственно, Иркутсклес и Красноярсклес 355 и 458 г/(кВт·ч).

Для оценки эффективности использования топлива на дизельных электростанциях и предприятиях требуется единая методика, которая позволит на научной основе, исходя из состава оборудования и учитывая режим его работы, рассчитать нормативное количество топлива, необходимое для выработки запланированного количества электроэнергии. Методические и организационные основы нормирования расхода топлива разработаны специалистами Госплана СССР и НИИ планирования и нормативов при Госплане СССР и изложены в «Основных положениях по нормированию расхода топлива» [3].

Любая методика или инструкция по нормированию расхода топлива должна удовлетворять исходным требованиям:

максимальной мобилизации внутренних резервов по экономии топлива и достижению высоких плановых показателей;

определения индивидуальных норм расхода расчетно-аналитическим путем исходя из нормативных характеристик топливотребляющих агрегатов;

применимости нормирования лишь к технически исправным агрегатам в условиях правильно организованной эксплуатации;

учета затрат топлива, связанных с холостым ходом при пуске и останове, а также эксплуатационного расхода топлива при расчетных режимных и технических условиях эксплуатации.

Важная особенность нагрузки дизельных электростанций лесной промышленности — ее резкопеременный характер, что объясняется широким применением электрических лебедок, рубительных машин, кранов-перегрузателей. Так, в Архангельсклеспроме для 200 действующих дизель-генераторов единичной мощностью от 30 до 630 кВт средняя нагрузка в течение года составляет всего 36 % от номинальной.

Нагрузочные характеристики дизелей различных марок сугубо индивидуальны, однако относительное увеличение удельного расхода топлива при снижении нагрузки регламентировано государственным стандартом [1], который требует: «...у дизелей, предназначенных для работы по нагрузочной характеристике и привода генераторов переменного тока, значения удельного расхода топлива при нагрузках 75 и 50 процентов номинальной не должны превышать значений 105 и 110 процентов от расхода на номинальной мощности».

Из линейной зависимости, связывающей относительный расход топлива дизелем \bar{B} и его относительную нагрузку \bar{N} в указанных точках,

$$\bar{B} = 0,1 + 0,9\bar{N} \quad (1)$$

вытекает зависимость относительного удельного расхода от относительной нагрузки для любого отечественного дизеля, поскольку технические условия выпускаемых дизелей отвечают ГОСТ 10152—82 (при $\bar{N} = N/N_{ном}$):

$$K' = \bar{B}/\bar{N} = 0,9 + 0,1N_{ном}/N. \quad (2)$$

Коэффициент K' показывает, во сколько раз удельный расход топлива при некоторой нагрузке N больше расхода топлива при номинальной нагрузке $N_{ном}$.

Из формулы (2) можно заметить, что колебания нагрузки около некоторого среднего значения вызовут дополнительный расход топлива. Так, попеременная работа с нагрузкой 30 и 70 % при средней нагрузке 50 % вызовет увеличение расхода топлива на 3,7 %. При снижении нагрузки на каждые 25 % кпд электрического генератора уменьшается приблизительно на 1 % [4]. Учет двух последних поправок позволяет описать коэффициент расхода топлива формулой

$$K = 0,87 + 0,13N/N_{ном}. \quad (3)$$

В табл. 2 приведены коэффициенты расхода топлива в зависимости от нагрузки дизеля.

Таблица 2

Значения коэффициента расхода топлива при различной нагрузке дизеля

Отношение среднегодовой нагрузки к номинальной мощности дизеля	1,00	0,90	0,80	0,70	0,60	0,50	0,40
Коэффициент расхода топлива	1,000	1,014	1,032	1,056	1,087	1,130	1,195

Индивидуальные нормы расхода топлива на выработку определяют как для каждого дизель-генератора, так и для дизельной электростанции в целом. Норму вычисляют на основании ряда данных, характеризующих источник энергии, объем и режим ее выработки (табл. 3).

Таблица 3

Форма для расчета нормы расхода топлива

Марка дизель-генератора и его номер	Номинальная мощность дизеля, $N_{\text{ном}}$, кВт	Удельный расход топлива при номинальной мощности g_e , кг/(кВт·ч)	Кпд электростанции η_r	Планируемая или отчетная выработка электроэнергии за год W , кВт·ч	Число часов работы дизеля в год τ , ч	Число пусков дизеля за год n	Коэффициент расхода энергии на собственные нужды $K_{с.н}$	Коэффициент расхода топлива на холостом ходу K_x

При планировании выработки электроэнергии число пусков дизеля в течение года n и годовую продолжительность работы дизеля под нагрузкой τ принимают на основании опыта эксплуатации генераторов в предыдущий период с учетом графика ремонтов, задания по производству электроэнергии и сравнительной экономичности отдельных агрегатов.

Индивидуальную норму расхода топлива вычисляют в следующем порядке.

1. Среднегодовая нагрузка дизеля, кВт

$$N_{\text{ср}} = W / (\eta_r \tau). \quad (4)$$

2. Коэффициент расхода топлива при работе со среднегодовой нагрузкой

$$K = 0,87 + 0,13 N_{\text{ном}} / N_{\text{ср}}. \quad (5)$$

3. Расчетный удельный расход топлива при работе дизель-генератора со среднегодовой нагрузкой $N_{\text{ср}}$, кг/(кВт·ч)

$$b_p = K g_e / \eta_r. \quad (6)$$

4. Годовой расход топлива при работе дизеля на холостом ходу, кг

$$B_x = K_x g_e \tau_x n N_{\text{ном}}. \quad (7)$$

5. Индивидуальная норма расхода дизельного топлива на выработку электроэнергии дизель-генератором, кг/(кВт·ч)

$$b = b_p + B_x / W. \quad (8)$$

6. Индивидуальная норма расхода условного топлива, кг/(кВт·ч)

$$b_y = 1,45 b. \quad (9)$$

7. Норма расхода условного топлива для дизельной электростанции на выработку электроэнергии, кг/(кВт·ч)

$$b_{y.э} = b_{y1} \frac{W_1}{W_0} + b_{y2} \frac{W_2}{W_0} + \dots + b_{yi} \frac{W_i}{W_0}, \quad (10)$$

где $b_{y1}, b_{y2}, \dots, b_{yi}$ — нормы расхода топлива отдельными дизель-генераторами, кг/(кВт·ч);

W_1, W_2, \dots, W_i — годовая выработка электроэнергии каждым дизель-генератором, кВт·ч;

$W_0 = W_1 + W_2 + \dots + W_i$ — общая выработка электроэнергии всеми дизель-генераторами, кВт·ч.

8. Индивидуальная норма расхода условного топлива на отпуск электроэнергии дизельной электростанцией, кг/(кВт·ч)

$$b_{y.от} = b_{y.э} / (1 - K_{с.н}). \quad (11)$$

Для оценки эффективности использования топлива фактический удельный расход его дизель-генератором следует сравнивать с нормой расхода для тех же производственных условий. Если фактический расход выше нормы, необходимо анализировать работу дизель-генератора в целях выявления и устранения причин непроизводительного перерасхода топлива.

Индивидуальные нормы расхода топлива разрабатываются на предприятиях лесной, целлюлозно-бумажной и деревообрабатывающей промышленности для конкретных условий работы дизель-генераторов в соответствии с инструкцией [2] и утверждаются вышестоящей организацией. Их следует систематически пересматривать и совершенствовать с учетом изменения структуры парка оборудования, режима его работы, достигнутых наиболее экономичных показателей.

Для контроля за выполнением норм на предприятиях должен быть организован учет выработки электроэнергии и расхода топлива с помощью приборов, установленных в соответствии с правилами технической эксплуатации.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. ГОСТ 10152—82. Дизели судовые, тепловозные и промышленные. Общие технические условия.— Введ. 12.06.82 до 12.06.87. [2]. Инструкция по расчету индивидуальных норм расхода топлива и масел для дизельных электрогенераторов, используемых на предприятиях Минлесбумпрома СССР.— Архангельск: СевНИИП, 1985.— 10 с. [3]. Основные положения по нормированию расхода топлива, тепловой и электрической энергии в народном хозяйстве. Утв. постановлением Госплана СССР от 17 декабря 1979 г. № 199.— М.: Атомиздат, 1980.— 16 с. [4]. Руководство по расчету норм расхода топлива на отпуск электроэнергии дизельными электростанциями.— М.: МЖКХ РСФСР, 1980.— 8 с.

УДК 674.023.002.237

ВЛИЯНИЕ СМЕЩЕНИЯ ОСИ БРЕВНА И БРУСА ОТНОСИТЕЛЬНО ОСИ ПОСТАВА НА ВЫХОД ПИЛОМАТЕРИАЛОВ, ЩЕПЫ И ОПИЛОК

Г. Ф. ПРОКОФЬЕВ, М. Л. КОРОТКОВА, А. И. ШЕЙНОВ

ВНПО Союзнауцдревпром
Ленинградская лесотехническая академия

Смещение оси бревна и бруса относительно оси постава оказывает влияние на соотношение видов продукции пиломатериалов (досок), кусковых отходов (щепы) и опилок. Нами предложена методика определения влияния величины смещения оси бревна и бруса относительно оси постава пил. Настоящая статья — дальнейшее развитие работы [2].

При расчетах формулу бревна принимали за усеченный параболоид вращения. Исходные данные: номинальный диаметр бревна в вершине d_n , длина бревна L , точность сортировки a , постав, ширина пропила b , смещение оси бревна относительно оси постава ϵ .

Диаметры распиливаемых бревен d находятся в пределах $d_n \pm a$; здесь a — допустимая величина отклонения диаметров от номинального, она характеризует точность сортировки бревен по диаметрам.

При номинальном диаметре бревна d_n фактические значения могут быть $d_n - a < d < d_n + a$. Допуская, что диаметры в указанных пределах распределяются равномерно, разбивали интервал $d_n - a < d < d_n + a$ на 10 равных частей и рассматривали распиловку бревен 10 диаметров при заданном поставе. Каждый из диаметров определяли по формуле

$$d_i = d_n - a + \frac{a}{9} (i - 1), \quad (1)$$

где $i = 1 \dots 10$ через 1.

Например, при $d_n = 160$ мм и $a = 10$ мм $d_1 = 150$ мм, $d_2 = 152$ мм, $d_3 = 154$ мм, ..., $d_{10} = 168$ мм.

Направление смещения оси постава по отношению к оси бревна не влияет на выход, поэтому рассматривали случай, когда ось постава смещена по отношению к оси бревна вправо на величину ϵ .

Сначала определяли ширину досок B отдельно для правой и левой частей бревна. Оптимальная ширина доски, находящейся в пифагорической зоне, т. е. при $A_\epsilon \leq a_{кр}$

$$B_{опт} = \sqrt{d^2 - A_\epsilon^2}. \quad (2)$$

Оптимальная ширина доски, находящейся в сбеговой зоне, т. е. при $A_\epsilon > a_{кр}$

$$B_{опт} = 0,577 \sqrt{D^2 - A_\epsilon^2}. \quad (3)$$

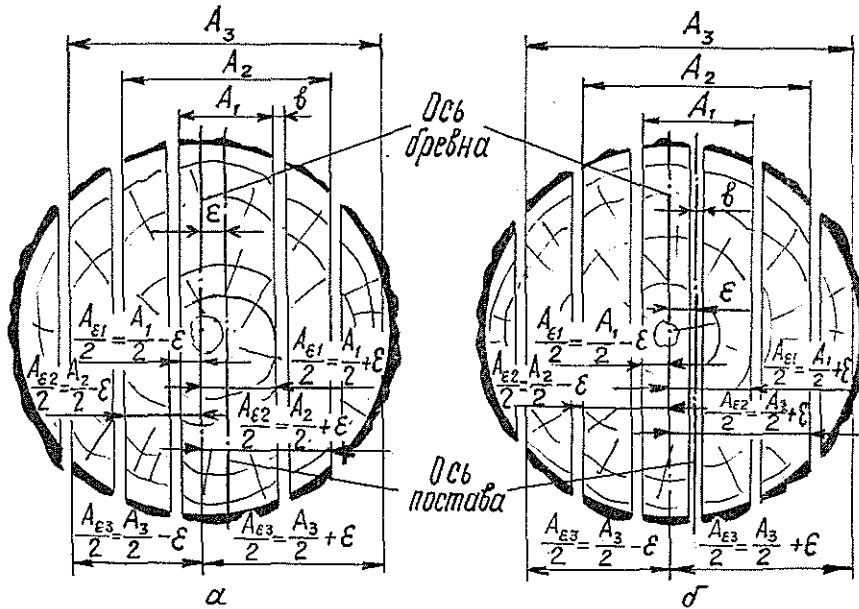


Рис. 1. Расчетная схема для определения расхода ширины постава.
а — нечетный постав; б — четный.

Здесь D — диаметр бревна в комле, мм;

A_ϵ — расход ширины постава с учетом смещения оси бревна по отношению к оси постава. Для левой части бревна $A_\epsilon = A - 2\epsilon$, для правой части бревна $A_\epsilon = A + 2\epsilon$ (см. рис. 1).

Границы пифагорической зоны [1]

$$a_{кр} = \sqrt{1,5d^2 - 0,5D^2}.$$

По оптимальным значениям ширины досок, определенным по формулам (2) и (3), принимали ближайшие стандартные ширины с припуском на усушку, больше и меньше $B_{опт}$.

По принятым ширинам определяли длины досок для левой и правой частей бревна

$$l = L \frac{D^2 - A_\epsilon^2 - B^2}{D^2 - d^2}. \quad (4)$$

Значения длины досок, полученные по формуле (4), округляли до ближайших стандартных $l_{ст}$ по ГОСТу 24454—80. При этом должно выполняться условие $l_{ст} < l + \delta$ (здесь δ — нижнее допускаемое отклонение пиломатериалов по длине). Сравнивая произведения $B_1 l_1$ и $B_2 l_2$, принимали такие значения B и l , при которых площадь пласти доски наибольшая. Определяли объем досок, получаемых при распиловке каждого из бревен, диаметр которых вычисляли по формуле (1). По среднему объему досок и объему бревна с номинальным диаметром d_n находили выход пиломатериалов

$$Q_n = \frac{\Sigma V_{п. ср}}{V_{бр}} 100 \%. \quad (5)$$

Расчеты проводили для разных величин смещения оси постава; находили зависимость $Q_n = f(\epsilon)$.

Объем опилок определяли при распиловке бревна на брус и доски, при распиловке бруса на доски и после обрезки и торцовки необрезных досок. В случае распиловки бревна при $A_\epsilon + b \geq d$ объем опилок

$$V'_{оп} = \frac{2}{3} 10^{-6} \frac{Lb}{D^2 - d^2} \sqrt{[D^2 - (A_\epsilon + b)^2]^3}; \quad (6)$$

при $A_\varepsilon + b < d$

$$V'_{\text{оп}} = \frac{2}{3} 10^{-6} \frac{Lb}{D^2 - d^2} \left\{ \sqrt{[D^2 - (A_\varepsilon + b)^2]^3} - \sqrt{[d^2 - (A_\varepsilon + b)^2]^3} \right\}. \quad (7)$$

В случае распиловки бруса высотой H :

при $A_\varepsilon + b \leq \sqrt{d^2 - H^2}$

$$V''_{\text{оп}} = 10^{-6} LHb; \quad (8)$$

при $\sqrt{d^2 - H^2} < A_\varepsilon + b < d$

$$V''_{\text{оп}} = 10^{-6} \frac{Lb}{D^2 - d^2} \left\{ H \left[D^2 - (A_\varepsilon + b)^2 - \frac{1}{3} H^2 \right] - \frac{2}{3} \sqrt{[d^2 - (A_\varepsilon + b)^2]^3} \right\}; \quad (9)$$

при $A_\varepsilon + b \geq d$

$$V''_{\text{оп}} = 10^{-6} \frac{HLb}{D^2 - d^2} \left[D^2 - (A_\varepsilon + b)^2 - \frac{1}{3} H^2 \right]. \quad (10)$$

при $A_\varepsilon + b \geq \sqrt{D^2 - H^2}$

$$V''_{\text{оп}} = \frac{2}{3} 10^{-6} \frac{Lb}{D^2 - d^2} \sqrt{[D^2 - (A_\varepsilon + b)^2]^3}. \quad (11)$$

Объем опилок находили отдельно для левой части бревна ($A_\varepsilon = A - 2\varepsilon$) и правой части ($A_\varepsilon = A + 2\varepsilon$).

При обрезке и торцовке досок объем опилок

$$V'''_{\text{оп}} = tb_1(2l + B) 10^{-9}, \quad (12)$$

где b_1 — ширина пропила при обрезке и торцовке, мм;
 l — длина доски, получаемая при обрезке, мм.

При $l = L$

$$V'''_{\text{оп}} = 10^{-9} tb_1 2L; \quad (13)$$

при $B = H$

$$V'''_{\text{оп}} = 10^{-9} tb_1 H. \quad (14)$$

Объем опилок вычисляли как сумму объемов опилок, получаемых при распиловке бревна и брусьев, обрезке и торцовке досок:

$$\Sigma V_{\text{оп}} = \Sigma V'_{\text{оп}} + \Sigma V''_{\text{оп}} + \Sigma V'''_{\text{оп}}.$$

По среднему объему опилок для 10 диаметров, определяемых по формуле (1), и объему бревна с номинальным диаметром d_n находили выход опилок:

$$Q_{\text{оп}} = \frac{\Sigma V_{\text{оп. ср}}}{V_{\text{бр}}} 100 \%. \quad (15)$$

Расчеты проводили при разных величинах смещения оси поставы ε и определяли зависимость $Q_{\text{оп}} = f(\varepsilon)$.

Объемный выход кусковых отходов (щепы)

$$Q_{\text{щ}} = 100 \% - Q_{\text{п}} - Q_{\text{оп}}.$$

По предложенной методике проведены расчеты при следующих условиях: номинальный диаметр бревен в вершине $d_n = 160$ мм, длина бревен — 6,5 м, объем бревен $V_{\text{бр}} = 0,172$ м³. Постав для распиловки: первый проход — $\frac{1}{19} - \frac{1}{100} - \frac{1}{19}$; второй проход — $\frac{1}{19} - \frac{1}{32} - \frac{1}{32} - \frac{1}{32} - \frac{1}{19}$. Точность сортировки $a = \pm 10$ мм. Ширина пропила для первого и второго проходов, а также при торцовке и обрезке досок принята равной 4,0 мм, величина смещения оси поставы относительно оси бревна или бруса изменяется от 5 до 20 мм через 5 мм. Диаметр в комле бревна определяли по формуле [2]

$$D = d (1 + 0,02 L) + 4,8L.$$

Диаметр бревна, мм	Изменение объемов выпиленных пиломатериалов $\Delta V \cdot 10^{-5}, \text{ м}^3$, при смещении оси бревна или бруса относительно оси поставы ϵ , мм							
	5	10	15	20	5	10	15	20
	I проход				II проход			
150	-38	-38	-180	-29	-291	-603	-880	-950
152	-39	-38	-53	-54	-207	-574	-842	-950
154	-38	-53	-41	-129	-86	-452	-803	-908
156	—	-40	-29	-205	-1	-350	-601	-920
158	—	-28	-16	-281	—	-256	-500	-931
160	—	-16	-54	-357	—	-160	-402	-943
162	-15	-3	-91	-344	—	-62	-311	-955
164	-2	+9	-91	-332	+22	+34	-271	-799
166	-48	+2	-149	-339	+36	-3	-307	-752
168	+53	+40	-112	-301	+48	-9	-261	-705
Среднее значение, м^3								
%	-13	-17	-82	-237	-48	-239	-472	-882
	0,07	0,09	0,47	1,37	0,27	1,38	2,74	5,12

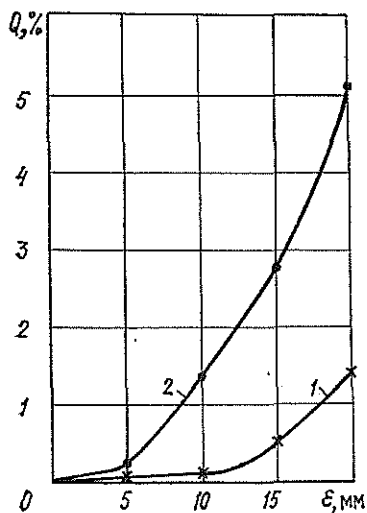


Рис. 2.

1 — I проход; 2 — II проход.

Данные об изменении суммарных и средних объемов пиломатериалов и средние объемные выходы пиломатериалов с учетом припусков на усушку для первого и второго проходов приведены в таблице. В расчетах при втором проходе принято, что при первом проходе бревна распиливали без смещения оси бревна относительно оси поставы ($\epsilon = 0$).

По данным таблицы построены графики зависимости изменения объемного выхода пиломатериалов от величины смещения оси бревна и бруса относительно оси поставы при распиловке бревен диаметром $d_{II} = 160$ мм (рис. 2).

Приведенные данные показали, что смещение оси бревна относительно оси поставы с 0 до 20 мм уменьшает выход пиломатериалов при первом проходе на 1,37 %, а при распиловке бруса — на 5,12 %.

Разработанную методику можно использовать для определения влияния величины смещения оси бревна и бруса относительно оси поставы на выход пиломатериалов, опилок и щены.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Аксенов П. П. Теоретические основы раскроя пиловочного сырья.— М.—Л.: Гослесбумиздат, 1960.— 216 с. [2]. Прокофьев Г. Ф., Короткова М. Л. Влияние ширины пропила на объемный выход пиломатериалов, щепы и опилок // Комплексное использование древесного сырья: Науч. тр./ЦНИИМОД.— 1984.— С. 24—33.

ИЗ ЖИЗНИ ВУЗОВ

УДК 378 : 630*

К ВОПРОСУ О ПЕРЕСТРОЙКЕ ВУЗОВ
ЛЕСНОГО ПРОФИЛЯ

Вопросы перестройки высшего образования в стране осложняются тем, что у высших учебных заведений различны функции, различны и недостатки в работе, следовательно, и направления их перестройки должны быть различными. Мне хотелось бы рассмотреть состояние вузов лесного профиля, готовящих руководителей и специалистов по использованию и воспроизводству лесных ресурсов, которыми особенно богата наша страна и которые до обидного недостаточно используются. Некоторым основанием к этому является моя более чем 60-летняя работа, непосредственно связанная с лесным хозяйством и развитием одного из старейших — Воронежского лесотехнического института. Быть свидетелем возникновения недостатков в работе учебных заведений, «чувствовать» их очень важно при выборе направлений перестройки, чтобы не усугубить возникшие недостатки, а устранить их.

В проекте ЦК КПСС очень обстоятельно вскрыты недостатки, характерные для работы высших учебных заведений сегодняшнего дня. Для вузов лесного профиля особенно характерны следующие из них: 1) учебные заведения оторваны от производства. Это резко затруднило ознакомление студентов с производством и снизило качество прохождения производственной и преддипломной практик; 2) инженерные специальности неоправданно дробятся (заготовка древесины, лесной транспорт), что отрицательно сказывается на общенаучной и профессиональной подготовке выпускаемых специалистов; 3) прием и выпуск инженеров непрерывно растут без соответствующего увеличения учебных помещений и лабораторного оборудования. Например, приняв наш двухфакультетный вуз с учебным корпусом, рассчитанным на 800 студентов, Минвуз РСФСР превратил его в политехнический институт с 5 факультетами и численностью студентов более 3 тысяч без существенного расширения учебных помещений; 4) вузы лесного профиля после передачи их в ведение Минвуза РСФСР перестали получать плановые задания по научно-исследовательской работе, входящей в народнохозяйственный план. В результате научный потенциал работников вузов используется далеко не полностью.

Денежные средства, выделенные на научные работы, отраслевые министерства лесного профиля расходуют на содержание «своих» отраслевых научно-исследовательских институтов, а вузам выделяется в порядке хоздоговоров не более 10 % расходов отраслевых министерств на науку.

Всех этих недостатков не было, когда лесные вузы находились в ведении соответствующих отраслевых министерств лесного профиля. Институты готовили специалистов для отрасли; все проблемные вопросы отрасли, требующие научных исследований, включались в план того или иного вуза, и весь тысячный коллектив научных работников вузов в плановом порядке использовался для их решения. Сейчас же вуз не получает плановых заданий от Минвуза. Поэтому план его научных работ складывается в основном из мелких тем, которые вуз представляет в министерство высшего образования на утверждение. Таким образом, породившей отмеченные недостатки, явилась передача вузов в полное ведение министерств высшего образования или, точнее, возложение на эти министерства функции, которые они успешно выполнять не могут. Такими функциями являются обеспечение вузов новейшим техническим оборудованием и руководство направленностью научно-исследовательских работ узко специализированных вузов. Доказательством служат факты из практики.

В решениях XXVII съезда КПСС перед лесным хозяйством поставлены задачи по улучшению воспроизводства и использования лесных ресурсов, а также по усилению контроля за рациональным их использованием. Для успешного их выполнения выпускаемый инженер должен быть знаком с примерными образцами ведения лесного хозяйства. Для этой цели при каждом лесном вузе имеется учебно-опытное хозяйство, которое и должно отвечать решению этой задачи. При Воронежском лесотехническом институте также имеется учебно-опытное хозяйство (лесхоз). Когда он был в ведении Минлесхоза СССР, это было хозяйство, оснащенное техникой, с высокой производительностью труда и продуктивностью на 1 га лесного фонда и служило действительным примером для рядовых лесхозов.

За 30 лет пребывания института в Минвузе РСФСР учебно-опытный лесхоз (УОЛ) настолько отстал в развитии, что уже не может быть примером для других лесхозов а следовательно, и учебно-опытным. При сравнении учебно-опытного лесхоза с рядовым производственным Воронежским мехлесхозом мы получили следующие показатели: объем лесохозяйственных работ в общесоюзных ценах на 1 га лесного фонда,

характеризующий степень интенсивности хозяйства, составил по УОЛ 7,82 р., по рядовому лесхозу 18,69 р.; объем реализованной продукции на 1 га лесного фонда соответственно 17,1 и 98,1 р.; производительность труда по госбюджетному производству — 1753 и 4796 р.; по хозрасчетному производству — 7182 и 10 822 р.; обеспеченность основными фондами на 1 га общей площади лесного фонда — 63,7 и 124,3 р., в том числе промышленными производственными фондами 5,6 и 51,6 р. Основные фонды за 1980—1984 гг. в УОЛ возросли на 5 %, в производственном лесхозе — на 21 %. Промышленно-производственные фонды в УОЛ уменьшились на 7 %, по рядовому лесхозу возросли на 33 %. Наконец, в условиях необходимого ускорения научно-технического прогресса важную роль играет такой показатель, как темп обновления основных фондов. За истекшую одиннадцатую пятилетку ежегодное обновление основных фондов в лесхозе Минлесхоза РСФСР составило 7 %, в УОЛ Минвуза РСФСР — 2 %, в том числе промышленных основных фондов — 9 и 0 %.

Отмеченное показывает, что возложенные на Минвуз РСФСР функции по обеспечению вузов новейшим оборудованием не выполняются и выполняться не могут, ибо он не располагает этим оборудованием по всем отраслям, по которым готовят специалистов.

Из изложенного следует, что лесные вузы как узко специализированные учебные заведения должны быть возвращены в ведение соответствующих отраслевых министерств. Только при этом будет значительно повышена, не на словах, а на деле, ответственность отраслевых министерств за подготовку кадров. Эти министерства должны отвечать за формирование необходимых отраслевых специальностей, за обеспечение лесных вузов новейшим оборудованием и материальными средствами, а не в порядке «оказания помощи», как это предусмотрено сейчас. Отраслевые министерства должны принимать активное участие в подготовке для отрасли руководящих кадров и отвечать за их количество и качество. За министерством высшего образования могут быть оставлены только функции государственного контроля за присуждением квалификации инженера и методическое руководство в области педагогики.

Одним этим мероприятием будут устранены главные недостатки в подготовке специалистов для лесных отраслей. Это позволит с большим эффектом использовать коллектив квалифицированных научных работников вузов и отраслевых НИИ в решении научных проблем отрасли и подготовки специалистов.

Не надо будет в каждом министерстве открывать специальные институты по подготовке кадров. Эти функции с большим успехом будут выполнять лесные вузы.

При всех направлениях перестройки высшего образования нельзя забывать, что центральной фигурой этого процесса является студент. Без его желания нельзя подготовить из него инженера. Желание это нужно не только при поступлении в институт, но и в течение всего времени обучения, которое требует от студента большого напряженного труда не только в учебные часы занятий, но и на подготовку к ним в виде домашних заданий. Недопустимо смотреть на студентов как на бесплатную рабочую силу и отвлекать их на всевозможные хозяйственные и общественные работы.

В то же время нужны и административные меры. Студентов, не желающих или не способных учиться, нужно из вуза отчислять. Для выполнения плана выпуска специалистов целесообразно при приемке студентов допускать к посещению учебных занятий 5...10 % вольнослушателей или кандидатов, которых и зачислять вместо вышедших по тем или другим причинам студентов.

И. В. Воронин

Воронежский лесотехнический институт

ИЗ ИСТОРИИ НАУКИ

УДК 061.75

ПЯТЫЕ СУКАЧЕВСКИЕ ЧТЕНИЯ

14 ноября 1986 г. в Москве проходили очередные — пятые Сукачевские чтения. Открыл их акад. А. С. Исаев — директор Института леса и древесины им. В. Н. Сукачева СО АН СССР. Он отметил, что вся жизнь Владимира Николаевича Сукачева была связана с Сибирью: он руководил многочисленными экспедициями СОПСа, с его помощью и по его инициативе были организованы первые научные стационары в Сибири. Работа В. Н. Сукачева о лиственных лесах теперешней зоны БАМа является классической. Перевод Института леса АН СССР в 1959 г. в Красноярск стал важной вехой развития лесной науки в Сибири. Традиции биогеоценологии оставались знаменем Института леса и древесины СО АН СССР, под которым развивались фундаментальные исследования в Сибири. В настоящее время диапазон исследований в институте чрезвычайно широк.

На пятые Сукачевские чтения были представлены три доклада (все — сотрудниками Института леса и древесины СО АН СССР). Первые два доклада были посвящены вопросам лесной типологии, третий — структуре древесных ценозов.

В докладе В. Н. Смагина «Теоретическое и практическое значение концепции экогенеза в лесной биогеоценологии» было раскрыто значение концепции экогенеза, основанной на идеях В. В. Докучаева, В. И. Вернадского, Г. Ф. Морозова, и В. Н. Сукачева о средообразующей роли сообществ организмов. Приведенные автором примеры дали достаточно ясное представление об экогенезе как необратимом процессе спонтанного развития сообществ организмов, основанном на их способности изменять условия своего существования. Анализируя динамическую природу биогеоценоза, автор остановился на понятии В. Н. Сукачева «о биогеоценологическом процессе» в котором развивается мысль о закономерностях развития фитоценоза, применительно к биогеоценозу. Этот процесс складывается из взаимодействия всех компонентов биогеоценоза между собой, в основе которого лежит материально-энергетический обмен. Было подчеркнуто также, что биогеоценологический процесс возможен только при участии живых организмов и складывается из двух стадий: сингенеза и эндогенеза. На стадии сингенеза происходит заселение участков, ранее лишенных растительности. Средообразующая роль сообществ при этом проявляется незначительно. На стадии эндогенеза движущей силой смены растительности и всего биогеоценоза является изменение среды, вызываемое жизнедеятельностью организмов. В биогеоценологическом процессе участвуют также филоценогенез и онтоценогенез, выражающиеся в возникновении новых видов организмов и возрастных изменениях внутри биогеоценоза. Однако решающее значение в необратимых сменах биогеоценозов принадлежит эндогенезу, названному ранее В. Н. Сукачевым эндозоценозом и экогенезом.

В. Н. Смагин предложил следующее определение этого понятия: экогенез — это закон эволюции биогеоценозов, слагаемых ими территориальных комплексов и биосферы в целом, сущность которого проявляется в способности сообществ организмов преобразовывать среду своего существования и на определенных рубежах этих преобразований изменять состав, структуру и продуктивность в направлении большего соответствия изменившимся условиям среды.

Вскрывая сущность явлений класса биогеоценоз — биосфера, концепция экогенеза позволяет уточнить определение основных понятий биогеоценологии; обосновать конструктивный подход к решению актуальных проблем теории и практики биогеоценологии. В. Н. Смагин рассмотрел с позиций экогенеза теоретические и практические проблемы лесной биогеоценологии: обоснование понятий «целостность», «структура», «продуктивность», «устойчивость» типов леса; основные принципы экогенетической классификации биогеоценозов. Были также разработаны таксоны лесорастительного районирования территорий для порайонной специализации.

В основе сопряженности таксонов экогенетической классификации с таксонами лесорастительного районирования, показанной в докладе на примере сопряженности геоморфологического комплекса типов леса с лесорастительным районом, лежит принцип хорологической и функциональной целостности явлений класса биогеоценоз — биосфера. Естественно, что этот принцип может быть распространен на классификацию и районирование биогеоценозов других типов биогеоценологического покрова Земли (тундры, болота, степи, пустыни и т. д.).

На основе концепции экогенеза в докладе было дано определение понятия «лесорастительное районирование» как классификация территорий по природным (почвенно-климатическим) условиям, отраженным в территориальных комплексах биогеоценозов и находящимся под их преобразующим влиянием. Экогенетическая суть этого

определения заключается в том, что биогеоценозы и их территориальные комплексы не только отражают влияние почв и климата, но и формируют их. Практическое значение лесорастительного районирования и порайонной характеристики типов леса состоит в том, что оно служит природной основой для лесоэкономического, лесохозяйственного и других видов прикладного районирования (лесоэксплуатационного, лесокультурного, лесосеменного, противопожарного и др.).

В докладе Д. И. Назимовой, И. А. Короткова, Ю. С. Чередникова «Основные высотно-поясные подразделения лесного покрова в горах Южной Сибири и их диагностические признаки» была показана дифференциация лесного покрова обширной горной страны, именуемой горами Южной Сибири, на типологические категории зонального ранга, а также дано обоснование их с экологических и фитоценологических позиций. Особого внимания заслуживает высотно-поясный комплекс типов леса как таксон классификации лесных экосистем надбиогеоценотического ранга, определяемый параметрами климата и жизненной формой лесных сообществ, в наибольшей степени отвечающей данным параметрам. Конкретный высотно-поясный комплекс характеризует леса соответствующего лесорастительного пояса внутри округа (или провинции). Диагностические признаки отражают особенности конкретного высотно-поясного комплекса и его высотные границы, определяемые в достаточно узких пределах: соотношение тепла и влаги, состав лесообразователей и их потенциальную продуктивность, уровень тепло- и влагообеспеченности, лесотипологическую структуру, отраженную в качественном и количественном соотношении серий типов леса либо фоновых синузий. Как диагностический признак может выступать и направление сукцессий, которые протекают под воздействием разнообразных природных и антропогенных факторов.

На примере гор Южной Сибири — обширного региона в континентальном секторе бореального биоклиматического пояса, на переходе его в суббореальный — в докладе были рассмотрены основные классы высотно-поясных комплексов и их спектры, показаны полярные крайности режимов увлажнения разных лесорастительных провинций и их частей, в наибольшей степени определяющих структуру поясности климатических фаций горных лесов. С ними связаны и особенности спектров почв.

Следует отметить роль леса как мощного ландшафтостабилизирующего фактора в горах, играющего в различных высотных поясах разную средообразующую роль. Хотя лесные биогеоценозы в горах, как и на равнине, полифункциональны, на первое место в разных высотно-поясных комплексах выходит какая-либо одна основная функция: для высокогорных — снегосборо-водорегулирующая, для низкогорных лесостепных — почвозащитная и противозеронозная, для большей части горнотаежных комплексов, охватывающих наибольший интервал высот в среднегорье, — водоохранная, водорегулирующая, противозеронозная функция.

Перевод географических закономерностей на язык экологических зависимостей немаловажен без количественного подхода. Приведенная в докладе климатическая ординация высотно-поясных комплексов, зональных формаций, их продуктивности и фоновых серий типов леса позволяет не только обозреть разнообразие лесов в регионе и увидеть в нем определенный порядок, выявить оптимальные области произрастания лесов того или иного состава. Она открывает возможности для прогноза изменений лесного покрова при стихийных или антропогенных изменениях климата.

Избранный подход к классификации лесов в необходимой степени увязан с системой районирования, хотя нельзя ждать совпадения таксонов районирования с ареалами таксонов классификации. Это скорее задача обзорного картографирования — отразить географию основных категорий лесного покрова.

В докладе подчеркивалось, что выделяемые высотно-поясные комплексы и их классы достаточно четко прослеживаются в горах Южной Сибири, несмотря на разнообразный литолого-геоморфологический фон, и это уже само по себе свидетельство системной организации биогеоценотического покрова, реально существующей иерархии и факторов, ответственных за его дифференциацию в пространстве и во времени. Классы высотно-поясных комплексов разного порядка — это типологическое содержание лесорастительных поясов, каждый из которых может быть охарактеризован не только внешними, морфологическими особенностями: составом эдификаторной и подчиненных синузий, всем остальным комплексом биотов, отличной от смежных поясов ритмикой сезонного развития, но и более существенными признаками внутреннего сходства: характером и интенсивностью биологического круговорота, взаимоотношениями основных лесообразователей, ходом естественных и восстановительных смен и средообразующими функциями.

Типизация конкретных спектров высотно-поясных комплексов позволила выделить в горах Южной Сибири таксоны крупного ранга. Эти таксоны классификации находят практическое приложение в горном лесоводстве Сибири, поскольку обладают информативностью в отношении лесорастительного потенциала, структурных характеристик и экономических функций лесных массивов.

В докладе А. И. Бузыклина, В. Л. Гаврикова, О. П. Секретенко и Р. Г. Хлебопоса «Структура древесных ценозов» были рассмотрены некоторые особенности формирования древесных ценозов и взаимодействия деревьев при совместном росте. История формирования естественных древесных ценозов в пределах однородных условий ме-

стопроизрастания представляет собой реализацию наследственной изменчивости древесных растений, разнообразия микроэкологических условий субстрата для поселений древесных растений на фоне разнообразия погодно-климатических ситуаций. Сочетание указанных разнообразий и естественный отбор в его экотипической и фитоценотической формах приводят к многообразию формирующихся древесных ценозов по темпам заселения площади или сукцессий поколений, возрастному строению, густоте и, как следствие этого, темпам роста древостоев и другим характеристикам.

Функционирование древесного ценоза включает разнообразные взаимодействия между растениями, основными из которых являются конкурентные. Степень и характер взаимодействия деревьев в ценозе зависят от их близости друг к другу, или плотности ценоза. В докладе была предпринята попытка обнаружить и оценить эффекты взаимодействия деревьев в самой структуре древесного ценоза. Для этого был использован метод радиальных функций распределения, с помощью которого можно зарегистрировать неслучайность пространственного строения, получить отдельные параметры размещения объектов на плоскости и т. п. Была представлена гистограмма радиальной функции распределения, для построения которой определялась относительная плотность объектов в кольцевых площадках постепенно увеличивающегося радиуса.

Наряду с радиальной функцией распределения, важным инструментом исследования пространственного строения древостоев является ее модификация, именуемая парциальной радиальной функцией распределения, позволяющая оценивать характер взаиморасположения растений двух совокупностей. В этом случае рассматривается вероятность обнаружить растения из разных совокупностей на заданном расстоянии друг от друга. Построение гистограмм парциальных радиальных функций распределения дает ценную информацию об особенностях взаимного пространственного расположения растений разных возрастов и размеров, что важно для выяснения их взаимоотношений. Были представлены гистограммы парциальных радиальных функций распределения для взаимного расположения мелкого, крупного подроста, мелких деревьев и взрослой части древостоя, выделенных по высоте.

Для пространственно-возрастного анализа древесного ценоза авторы предложили использовать структурную единицу «ценоз», представляющую пространственное образование, в котором происходят акты смены поколений. Поскольку взаимодействия древесных растений ощутимы на небольших расстояниях, соизмеримых с размерами крупных деревьев, то скоррелированность групп особей может проявляться в рамках участка пространства, определяемого этими расстояниями. Такие участки соответствуют ценозам разновозрастного леса. Смена поколений в ценозах детерминирована дискриминационными отношениями между поколениями, что находит выражение в относительно дискретном характере возрастных распределений древесных растений в ценозах.

Особое внимание в докладе было уделено анализу горизонтальной структуры разновозрастных сосновых и разновозрастных пихтовых ценозов. Рассмотрена динамическая последовательность и сопряженность смены поколений в элементарных структурах разновозрастного леса, характеризующие структуру древесного ценоза в пространственно-временном отношении.

Н. К. Остроумова

Институт биологии развития АН СССР

НАУЧНЫЕ КОНФЕРЕНЦИИ И СОВЕЩАНИЯ

УДК 630*81:061.3

ВТОРОЙ СИМПОЗИУМ
ПО РЕОЛОГИИ ДРЕВЕСИНЫ В ПОЛЬШЕ

Проблемы реологии древесины, т. е. поведение ее под нагрузкой во времени при гидротермической и механической обработке, эксплуатации в изделиях и конструкциях привлекают все большее внимание исследователей, технологов и проектировщиков.

В октябре 1986 г. в Ридзине близ г. Лешно состоялся второй симпозиум по реологии древесины и деревянных конструкций, организованный Польской академией наук (комитет технологии древесины, комиссия по механике и строительству) и Сельскохозяйственной академией в Познани (факультет технологии древесины).

На шести заседаниях симпозиума было заслушано 26 докладов ученых из ВНР, ГДР, ПНР, СССР и ЧССР. От СССР принял участие автор этих строк. В работе симпозиума участвовало около 70 человек — представителей вузов и отраслевых исследовательских организаций, занятых изучением реологии древесины с разных позиций.

Древесиноведческий аспект этой проблемы нашел отражение в докладах по результатам работ, выполненных проф. Я. Рачковским с сотрудниками (ПНР): «Ползучесть древесины при изгибе в условиях несимметричного увлажнения», «Гигромеханические напряжения в древесине при сжатии поперек волокон», «Опыт определения адсорбционных напряжений в ходе испытаний древесины на ползучесть при растяжении».

В докладе В. Молийского (ПНР) «Деформации древесины при растяжении поперек волокон и одновременном увлажнении и сушке во влажном воздухе», наряду с рассмотренным автором явлением, следует отметить образование в древесине при сушке под нагрузкой больших остаточных деформаций. Закономерности и механизм образования этих деформаций были раскрыты в докладе Б. Н. Уголева (СССР) «Эффект замораживания деформаций при комплексных силовых и тепловых воздействиях на древесину». Образование квазистаточных замороженных деформаций обусловлено торможением релаксационных процессов при охлаждении или сушке древесины. Явления, связанные с образованием замороженных деформаций, можно обнаружить и в работе А. Пожгай (ЧССР) «Модули упругости древесины ели при постоянной изгибающей нагрузке в условиях переменной температуры и влажности окружающего воздуха». Эта особенность древесины проявляется в эффекте ее «памяти» на температурно-влажностные и силовые воздействия; ее следует учитывать при расчете напряжений во время сушки, обосновании процессов гнутья, прессования и других видов модификации древесины. Древесиноведческим подходом отмечены также доклад проф. Ф. Ронаи (ВНР) «Сравнение деформации ползучести древесины евро-американского тополя и сосны» и др.

Исследования теоретического характера нашли отражение в докладах проф. Р. Гановича (ПНР) «Численное моделирование ползучести балок и пластин при плоском напряженном состоянии»; З. Кончака (ПНР) «Влияние влажности и температуры на поведение вязкоупругих ортотропных пластин» и др.

Реологические свойства древесины при ее модификации были рассмотрены в докладах по результатам работ, выполненных в Сельскохозяйственной академии в Познани на кафедрах древесиноведения (проф. Я. Рачковский), гидротермической обработки и модифицирования древесины (проф. М. Лавничак) и физики (д-р С. Полишко). Среди них: «Релаксация напряжений в древесине при неравномерном воздействии водных растворов физически активных веществ», «Деформации древесины, пропитанной некоторыми химическими соединениями», «Релаксационные явления в древесине, модифицированной водным раствором аммиака». Реологии композиционных древесных материалов, а также натуральной и клееной древесины, используемой в конструкциях, были посвящены доклады: Ш. Штеллера и О. Шисла (ЧССР) «Ползучесть древесностружечных плит при циклически изменяющейся влажности»; С. Давдо (ПНР) «Влияние времени на прочность деревобетона»; проф. К. Зиммера (ГДР) «Учет временной зависимости при расчетах несущей способности деревянных конструкций»; доц. П. Дутко (ЧССР) и проф. З. Мельчарека (ПНР) «Экспериментальное исследование параметров эффективной ширины панелей с ребрами жесткости при долговременной нагрузке и др.

Зарубежным участникам симпозиума была предоставлена возможность ознакомиться с постановкой преподавания и лабораториями кафедры древесиноведения на факультете технологии древесины Сельскохозяйственной академии в Познани. Следует отметить большое внимание, которое уделяется там древесиноведческой подготовке будущих инженеров. Древесиноведение относится к числу наиболее крупных по объему дисциплин (180 ч.). Кроме того, читается курс лесного товароведения (30 ч.).

Б. Н. Уголев

Московский лесотехнический институт

УДК 630*114.5(049.3)

ПОЛЕЗНАЯ КНИГА

Среди книг, посвященных охране окружающей среды, в 1986 г. в Киевском издательстве «Вища школа» вышла книга М. И. Калинина «Истоки плодородия», рассказывающая о возникновении и формировании почвы, перспективах повышения и необходимости охраны ее уникального свойства — плодородия. В небольшой по объему книге автор на основании известных науке данных, их умелой систематизации, привлечения большого цифрового материала с диалектических и исторических позиций в популярной форме объясняет сложные явления, происходящие в растении и почве, природу факторов, составляющих ее плодородие.

Глава «Формирование и жизнь почвы» начинается с истории возникновения почвы, рассматриваются причины, обуславливающие плодородие, его сущность и составляющие, роль растительных и животных организмов в жизни почвы, обмен и круговорот органического вещества, существование пищевых цепей, роль кислорода и углекислого газа. Характеризуя плодородие почвы, автор приводит сведения о питательных элементах, их усвояемых формах, рассматривает законы минимума, оптимума и максимума.

В главе «Многоликий спутник плодородия» дан анализ роли воды и водных запасов в обеспечении плодородия, формировании и разрушении почвы. Свойства воды, круговорот ее в природе, источники поступления на планете, роль воды в сохранении энергии, получаемой от солнца, процессы испарения, конденсации, выпадения влаги автор рассматривает с основной целью показать, что зарождение жизни на Земле, сохранение солнечной энергии и превращение ее в органическое вещество в процессе фотосинтеза невозможно без воды — носителя жизни, главного условия использования плодородия почвы. Призыв автора беречь воду аргументирован многосторонне.

В главе «Разрушение плодородия» автор остановился на эволюции почвенного покрова Земли, изменении почвообразовательного процесса под влиянием растений, привел примеры разрушения, истощения и исчезновения плодородия почв, загрязнения их в связи с развитием технического прогресса. Показано единство взаимодействия почвы и растения, представляющего сложный и непрерывный процесс обмена и круговорота вещества и энергии. Органическое вещество кратко, но весьма обстоятельно рассматривается не только как совокупность химических элементов, но и как запас солнечной энергии. Поскольку синтез простых элементов в сложные происходит в хлорофилловом зерне, то первоисточником органического вещества, а следовательно, и плодородия, является хлорофилл лесных растений. Отражена важная роль растительности в сохранении плодородия почв.

Вопросы охраны плодородия и пути его сохранения в простой, доходчивой форме отражены в четвертой главе «Охрана плодородия». В числе мер, направленных на рациональное сохранение и приумножение плодородия почв, автор рассматривает влияние удобрений, улучшение структуры почв, использование насаждений, устранение или снижение вредного влияния неблагоприятных свойств почв, облесение, соблюдение технологической дисциплины в земледелии и др.

В заключении автор акцентирует внимание на путях рационального использования почв в целях получения высоких урожаев. Подчеркнуто, что у истоков плодородия стоит человек, и от его знания природы и деятельности всецело зависит существование жизни.

Рецензируемая книга, написанная хорошим литературным языком, несомненно будет ценным дополнительным пособием к курсам «Лесные культуры», «Почвоведение», а также для широкого круга работников охраны природы, преподавателей, студентов и учащихся.

Следует, однако, отметить, что в хорошо оформленной книге есть невыразительные клише (с. 12, 39), которые для неспециалиста будут непонятны. В случае переиздания книги автору следует учесть, что названия глав 3 и 4 и ряда разделов не полностью отвечают содержанию.

В. С. Серый, Н. А. Бабич

Архангельский институт леса и лесохимии
Архангельский лесотехнический институт

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Е. С. Романов</i> . Славному юбилею — новые свершения	3
--	---

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

<i>Б. В. Бабилов</i> . Интенсивность и эффективность осушения лесных земель . . .	5
<i>В. А. Алексеев</i> . Изменение лабораторной всхожести семян сосны и ели под воздействием высоких доз некоторых регуляторов роста (ретардантов) . .	9
<i>В. В. Пахучий</i> . Влияние зольности торфа и глубины почвенно-грунтовых вод на рост сосновых древостоев на осушенных мелкозалежных торфяниках . .	13
<i>В. И. Бирюков</i> . Фенологические фазы развития и периодичность роста в высоту древесных пород	16
<i>С. С. Веретенников, Н. В. Куприянов</i> . Оценка опыта создания лесной рощи . .	18
<i>Ф. В. Пошарников, В. П. Ивановский</i> . К обоснованию некоторых параметров порционного высевающего аппарата барабанного типа	22

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

<i>Н. М. Белая, Н. Г. Адамовский, Э. Н. Матвеев</i> . Вероятностный метод оценки надежности канатов подвесных лесотранспортных установок	28
<i>И. И. Слепко</i> . Расчет каната промежуточной опоры многопролетной подвесной лесотранспортной установки	32
<i>В. С. Кралин</i> . Влияние механических характеристик применяемых материалов на материалоемкость лесных машин	37
<i>А. В. Ерхов</i> . Определение «потерь» энергии, вызванных вынужденными колебаниями гусеничного лесного трактора	43
<i>Н. Н. Буторин, А. П. Елисеев</i> . Узкоколеяная шпала на упругом полупространстве	47

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

<i>Э. Н. Сабуров, С. И. Остаев</i> . Расчет компонент скорости и давления потока в циклонной кольцевой камере	51
<i>Ю. М. Иванов</i> . Парадокс сопротивления древесины изгибу	56
<i>Л. А. Шабалин, В. Ф. Виноградов, В. И. Смирнов</i> . Применение материалов повышенной удельной прочности для пильных рамок	61
<i>В. В. Соловьев, Ю. М. Стахийев, О. И. Бачин</i> . О напряженном состоянии плоских круглых пил при изгибных колебаниях	66
<i>А. Ф. Разумова, В. Н. Твердохлебова, Б. Д. Руденко, Т. В. Ермолина</i> . Изучение свойств древесины, модифицированной фенолоформальдегидной смолой ФР-100	70

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

<i>Ю. Н. Непенин, В. А. Жалина, А. Б. Курятников</i> . Сравнительная оценка различных способов производства полуцеллюлозы из лиственной древесины . .	75
<i>Л. В. Косюкова, Т. И. Прохорчук, Е. Н. Кибасова, В. И. Седых, А. И. Киприянов</i> . Состав органических веществ производственных черных сульфатных щелоков варок древесины лиственных и хвойных пород	78
<i>Г. Ю. Метелкина, А. И. Шишкин</i> . Оценка эффективности очистки сточных вод сульфат-целлюлозного производства с использованием регрессионных зависимостей	82
<i>А. В. Федин, Г. П. Федина</i> . Экспресс-анализ окрашенных сточных вод предприятий химической переработки древесины на содержание взвешенных и коллоидных частиц	87

- С. И. Ладинская, З. М. Науменко.* Получение углеводистых кормов из отходов древесины 92

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

- Н. И. Кожухов, М. Б. Надирашвили, В. С. Колосов.* Методические положения экономической оценки лесных ресурсов на базе оптимизационных моделей 96
- Т. А. Кокорева.* Применение матричного моделирования в исследовании информационных потоков предприятий ЦБП 101
- В. А. Морохова.* Совершенствование расчета прироста объема производства на деревообрабатывающих предприятиях 104
- И. А. Монаков.* Учет уровня освоения биомассы дерева при оценке эффективности технологий лесозаготовок 108

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

- М. И. Гордиенко, Ф. М. Бровко, Н. М. Гордиенко.* Особенности создания лесных культур сосны обыкновенной в лесной зоне Украинской ССР 114
- В. И. Вершинин.* Исследование реактивных сил сопротивления почвы, действующих на рабочие органы двухследной дисковой бороны 117
- С. М. Плотников.* Оптимизация структуры стружечного ковра 119
- А. Н. Чубинский, Г. Блыскова.* Микроскопические исследования фанеры в области клеевого слоя 122
- А. Э. Пишр, Л. М. Ржаницына, В. Н. Сердечный.* Нормирование расхода топлива для дизель-генераторов лесной промышленности 124
- Г. Ф. Прокофьев, М. Л. Короткова, А. И. Шейнов.* Влияние смещения оси бревна и бруса относительно оси поставы на выход пиломатериалов, щепы и опилок 127

ИЗ ЖИЗНИ ВУЗОВ

- И. В. Воронин.* К вопросу о перестройке вузов лесного профиля 131

ИСТОРИЯ НАУКИ

- Н. К. Остроумова.* Пятое Сукачевские чтения 133

НАУЧНЫЕ КОНФЕРЕНЦИИ И СОВЕЩАНИЯ

- Б. Н. Уголев.* Второй симпозиум по реологии древесины в Польше 136

КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

- В. С. Серый, Н. А. Бабиц.* Полезная книга 137

- Рефераты 142

CONTENTS

<i>E. S. Romanov.</i> New Creations for Glorious Jubilee	3
--	---

FORESTRY

<i>B. V. Babikov.</i> Intensity and Effectiveness of Forest Soil Draining	5
<i>V. A. Alekseev.</i> Change in Laboratory Pine and Spruce Seeds Germinability under Influence of Heavy Doses of Some Growth Regulators (Retardants)	9
<i>V. V. Pakhuchy.</i> Influence of Eutrophic Peat and Depth of Subsoil Waters on Pine Stands Growth at Drained Shallow Peat Bogs	13
<i>V. I. Biryukov.</i> Phenology Phases of Development and Height Growth Periodicity of Woody Species	16
<i>S. S. Veretennikov, N. V. Kupriyanov.</i> Experience Appraisal of Forest Grove Planting	18
<i>F. V. Posharnikov, V. P. Ivanovsky.</i> On Some Parameters Substantiation of Drum Portioning Planting Apparatus	22

FOREST EXPLOITATION

<i>N. M. Belaya, N. G. Adamovsky, E. N. Matveev.</i> Probabiliy Method of Reliability Evaluation of Ropes in Wood-carrying Cableways	28
<i>I. I. Slepko.</i> Calculation of Intermediate Support Rope of Multi-span Aerial Woodtransport Unit	32
<i>V. S. Kralin.</i> Influence of Mechanical Properties of Materials Used on Logging Machines Capacity	37
<i>A. V. Erkhov.</i> Determination of Energy „Losses“ Caused by Caterpillar Forest Tractor's Vibrations at Moving along Rough Road	43
<i>N. N. Butorin, A. P. Eliseev.</i> Narrow-gauge Sleeper at Elastic Semi-space	47

MECHANICAL TECHNOLOGY OF WOOD AND WOOD SCIENCE

<i>E. N. Saburov, O. I. Ostashev.</i> Component Calculation of Flow and Pressure Rate within Cyclone Circular Chamber	51
<i>Yu. M. Ivanov.</i> Paradox of Wood Bending Strength	56
<i>L. A. Shabalin, V. F. Vinogradov, V. I. Smirnov.</i> Application of Materials with Increased Specific Strength for Sawframes	61
<i>V. V. Solovyov, Yu. M. Stakhiev, O. I. Bachin.</i> On Tense Condition of Flat Circular Saws at Bending Vibrations	66
<i>A. F. Razumova, V. N. Tverdochlebova, B. D. Rudenko, T. V. Ermolina.</i> Studying the Properties of Wood Modified by FR-100 Phenolformaldehyde Resin	70

HEMICAL WOODWORKING

<i>Yu. N. Nepenin, V. A. Zhalina, A. B. Kuryatnikov.</i> Comparative Evaluation of Different Methods of Hardwood Semichemical Pulp Production	75
<i>L. V. Kosyukova, T. I. Prokhorchuk, E. N. Kibasova, V. I. Sedyykh, A. I. Kiprianov.</i> Composition of Organic Substances from Production Black Kraft Liquors of Hard wood and Softwood Pulping	78
<i>G. Yu. Metelkina, A. I. Shishkin.</i> Efficiency Evaluation of Sulphate Pulp Production Effluent Treatment According to Regressive Functions	82

A. V. Fedin, G. P. Fedina. Express-Analysis of Stained Effluents of Chemical Woodworking Enterprises for Suspended and Colloid Particles' Content	87
S. I. Ladinskaya, Z. M. Naumenko. Production of Wood Residues' Carbonhydrate Forage	92

ECONOMICS AND MANAGEMENT

N. I. Kozhukhov, M. B. Nadirashvily, V. S. Kolosov. Methodical Aspects of Economical Estimation of Forest Resources on the Base of Optimization Models	96
T. A. Kokoreva. Application of Matrix Modelling in the Study of Information Flow at Pulp and Paper Enterprises	101
V. A. Morokhova. Improvement of Output Increase Calculation at Woodworking Enterprises	104
I. A. Monakov. Estimation of Logging Technology Efficiency Taking into Account the Whole Tree Biomass Utilization	108

SUMMERIES AND EXCHANGE OF EXPERIENCE

M. I. Gordienko, F. M. Brovko, N. M. Gordienko. Peculiarities of Common Pine Artificial Crops Growing in the Uk. SSR Rorest Zone	114
V. I. Vershinin. Investigation of Soil Reactive Resistance Forces Acting upon Working Parts of Double-gang Disk Horrow	117
S. M. Plotnikov. Mat Structure Optimization	119
A. N. Chubinsky, G. Blyskova. Microscopic Examination of Plywood Glue Line Region	122
A. E. Ptir, L. I. Rzhantsina, V. N. Serdechny. Fuel Consumption Rating of Forest (Industry) Diesel Generators	124
G. F. Prokofiev, M. L. Korotkova, A. I. Sheinov. Influence of Axis Offset of Log and Beam against Axis of Multiple Blade Frame Saw on Lumber, Chip and Sawdust Yield	127

FROM VUSES' LIFE

I. V. Voronin. On Restructure of Forest Engineering Institutions	131
--	-----

ISTORY OF SCIENCE

N. K. Ostroumova. Fifth Sukachevsky Readings	133
--	-----

SCIENTIFIC AND LEARNED CONFERENCES

B. N. Ugolev. Second Symposium on Wood Reology in Poland	136
--	-----

CRITIQUE AND BIBLIOGRAPHY

V. S. Seryy, N. A. Babich. Useful book	137
--	-----

Referates	142
---------------------	-----

РЕФЕРАТЫ

Славному юбилею — новые свершения. РО-
МАНОВ Е. С. Изв. высш. учеб. заведений.
Лесн. журн., 1987, № 1, с. 3—4.

УДК 630*385.1

Интенсивность и эффективность осушения
лесных земель. БАБИКОВ Б. В. Изв. высш.
учеб. заведений. Лесн. журн., 1987, № 1,
с. 5—9.

Рассмотрено значение уровней грунтовых вод
для обеспеченности нормы осушения на про-
изводительность лесных земель. Приведено
изменение класса бонитета по мере удаления
от осушителей при разных расстояниях меж-
ду каналами. Показана необходимость более
интенсивного осушения торфяных земель.
Ил. 2. Табл. 1. Библиогр. список: 2 назв.

УДК 630*181.525:630*160.27

Изменение лабораторной всхожести семян
сосны и ели под воздействием высоких доз
некоторых регуляторов роста (ретардантов).
АЛЕКСЕЕВ В. А. Изв. высш. учеб. заведе-
ний. Лесн. журн., 1987, № 1, с. 9—13.

Исследовано изменение лабораторной всхо-
жести семян сосны и ели под влиянием вы-
соких концентраций (0,2—1%) регуляторов
роста. При намачивании семян в течение
24 ч. все ретарданты (кампозан, кампозан М,
гидрел) замедлили энергию прорастания на
7-е сутки, уменьшили всхожесть семян на
14- и 21-е сутки, за исключением дигидрела.
При кратковременном замачивании (в тече-
ние 1 ч) влияние ретардантов оказалось не-
значительным. Табл. 3. Библиогр. список:
6 назв.

УДК 630*385.1

Влияние зольности торфа и глубины почвен-
но-грунтовых вод на рост сосновых древо-
ствов на осушенных мелкозалежных торфя-
никах. ПАХУЧИЙ В. В. Изв. высш. учеб.
заведений. Лесн. журн., 1987, № 1, с. 13—15.
Приведены результаты анализа двухфактор-
ных дисперсионных комплексов для оценки
влияния зольности и глубины торфа, глуби-
ны воды на рост сосновых древостоев. Уста-
новлено, что на мелких торфяниках мощ-
ность торфа является важным показателем
торфяной залежи, определяемым с заданной
точностью и более просто по сравнению
с другими показателями. Табл. 1. Библиогр.
список: 7 назв.

УДК 630*181.8

Фенологические фазы развития и периоди-
чность роста в высоту древесных пород. БИ-
РЮКОВ В. И. Изв. высш. учеб. заведений.
Лесн. журн., 1987, № 1, с. 16—18.

Изучены основные фенологические фазы раз-
вития и периодичность роста в высоту ряда
лесообразующих пород Брянского лесного
массива. Даны рекомендации по срокам про-
ведения лесокультурных мероприятий. Табл. 2.
Библиогр. список: 4 назв.

УДК 630*232

Оценка опыта создания лесной роши. ВЕРЕ-
ТЕННИКОВ С. С., КУПРИЯНОВ Н. В. Изв.
высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1987,
№ 1, с. 18—22.

Анализируется характер межвидовых взаимо-
отношений дуба с лиственными, березой,
липой, кленом платановидным, ильмом гор-
ным, елью, ясенем и акацией желтой (кара-
ганником) в их смешанных культурах в ле-
состепной части Горьковской области. Табл. 2.
Библиогр. список: 8 назв.

УДК 631.331

К обоснованию некоторых параметров порци-
онного высевающего аппарата барабанного
типа. ПОШАРНИКОВ Ф. В., ИВАНОВ-
СКИЙ В. П. Изв. высш. учеб. заведений.
Лесн. журн., 1987, № 1, с. 22—27.

Описана конструкция порционного высеваю-
щего аппарата барабанного типа, разрабо-
танная в ВЛТИ, и обоснован выбор разме-
ров высевных ячеек сопряженных барабанов.
Приведен пример расчета параметров аппа-
рата для высева порциями семян сосны
обыкновенной. Ил. 3. Библиогр. список:
6 назв.

УДК 630*375.12:62-192

Вероятностный метод оценки надежности кан-
атов подвесных лесотранспортных установок.
БЕЛАЯ Н. М., АДАМОВСКИЙ Н. Г.,
МАТВЕЕВ Э. Н. Изв. высш. учеб. заведений.
Лесн. журн., 1987, № 1, с. 28—32.

Приведена методика оценки безотказности
элементов канатной оснастки подвесных ле-
сотранспортных установок с учетом характе-
ристик их прочности, внутренних силовых
факторов и размеров сечений канатов. Би-
блиогр. список: 8 назв.

УДК 630*372

Расчет каната промежуточной опоры много-
пролетной подвесной лесотранспортной уста-
новки. СЛЕПКО И. И. Изв. высш. учеб. за-
ведений. Лесн. журн., 1987, № 1, с. 32—37.

Рассмотрен канат промежуточной опоры как
трехпролетная система. Получено выражение
усилий действующих на канат промежуточ-
ной опоры, с учетом конструктивных и экс-
плуатационных параметров установок. При-
ведены кубические уравнения общего состоя-
ния каната промежуточной опоры относи-
тельно конечного и монтажного натяжения,
учитывающие натяжение несущего каната,
грузоподъемность установки и ее параметры.
Ил. 2. Библиогр. список: 5 назв.

УДК 630*377.44.001.2

Влияние механических характеристик приме-
няемых материалов на материалоемкость
лесных машин. КРАЛИН В. С. Изв. высш.
учеб. заведений. Лесн. журн., 1987, № 1,
с. 37—42.

Приведена методика построения математиче-
ской модели оптимального проектирования
технологического оборудования лесных ма-
шин. Решена оптимизационная задача, за-
ключающаяся в нахождении минимума мас-
сы конструкции при заданном ограничении
на надежность. Представлен количественный
анализ влияния механических характеристик
применяемых материалов на массу лесных
машин. Ил. 3. Библиогр. список: 4 назв.

УДК 630*377.44

Определение «потерь» энергии, вызванных
вынужденными колебаниями гусеничного
лесного трактора. ЕРХОВ А. В. Изв. высш.
учеб. заведений. Лесн. журн., 1987, № 1,
с. 43—47.

Получены аналитические зависимости, позволяющие определить дополнительный расход энергии при движении гусеничного лесного трактора по неровной дороге. Установлена природа силы, вызывающей эти затраты энергии. Ил. 1. Библиогр. список: 6 назв.

УДК 625.142.212.001.24

Узкоколейная шпала на упругом полупространстве. БУТОРИН Н. Н., ЕЛИСЕЕВ А. П. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1987, № 1, с. 47—50.

Дается алгоритм расчета узкоколейных шпал по гипотезе упругого полупространства с использованием ЭВМ. Приводится сравнение результатов расчета с экспериментальными данными. Ил. 2. Библиогр. список: 5 назв.

УДК 533.011:536.244.45

Расчет компонент скорости и давления потока в циклонной кольцевой камере. САБУРОВ Э. Н., ОСТАШЕВ С. И. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1987, № 1, с. 51—56.

Предложено решение задачи о движении закрученного турбулентного потока в циклонной камере кольцевого поперечного сечения. Получены расчетные соотношения для компонент скорости и статического давления. Ил. 3. Табл. 1. Библиогр. список: 6 назв.

УДК 630*812.71

Парадокс сопротивления древесины изгибу. ИВАНОВ Ю. М. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1987, № 1, с. 56—60.

Объяснен механизм обнаруженного ранее парадокса поведения древесины при изгибе, выражающегося в снижении временного сопротивления с повышением скорости испытания сверх некоторой величины. Ил. 2. Табл. 2. Библиогр. список: 12 назв.

УДК 674.053:621.933.61

Применение материалов повышенной удельной прочности для пильных рамок. ШАБАЛИН Л. А., ВИНОГРАДОВ В. Ф., СМИРНОВ В. И. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1987, № 1, с. 61—65.

Исследования подтвердили целесообразность применения облегченных пильных рамок (ПР): повысилась производительность указанной лесорамы за счет увеличения частоты вращения кривошипа на 15%, возросла статическая и усталостная прочность поперечин, примерно на прежнем уровне осталась прочность стоек, экономический эффект от применения облегченной ПР составил не менее 5 000 р на одну лесораму Р63=4А. Ил. 2. Табл. 3. Библиогр. список: 4 назв.

УДК 674.05:621.9.02

О напряженном состоянии плоских круглых пил при изгибных колебаниях. СОЛОВЬЕВ В. В., СТАХИВ Ю. М., БАЧИН И. О. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1987, № 1, с. 66—70.

Показано влияние амплитуды и формы колебаний на напряженное состояние диска пилы. Решение получено на основании комплексного подхода с позиций экспериментального и теоретического исследований. Ил. 3. Библиогр. список: 5 назв.

УДК 630*812.7:674.048

Изучение свойств древесины, модифицированной фенолоформальдегидной смолой ФР-100. РАЗУМОВА А. Ф., ТВЕРДОХЛЕБОВА В. Н., РУДЕНКО Б. Д., ЕРМОЛИНА Т. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1987, № 1, с. 70—74.

В результате проведенных исследований определена область, в которой можно варьировать количество отвердителя в пропиловом составе и использовать его для модификации и укрепления древесины, рабо-

тающей в условиях переменной влажности. Установлено, что древесина сосны, модифицированная смолой ФР-100, более устойчива к воздействию резкой смены температур и влаги, чем натуральная. Табл. 3. Библиогр. список: 3 назв.

УДК 676.164.2+676.082.4

Сравнительная оценка различных способов производства полуцеллюлозы из лиственной древесины. НЕПЕНИН Ю. Н., ЖАЛИНА В. А., КУРЯТНИКОВ А. Б., Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1987, № 1, с. 75—78.

Показано, что бессернистый содово-натронный способ наиболее перспективен. Он позволяет значительно повысить выход волокнистого полуфабриката, почти полностью устранить загрязнение окружающей среды и снизить капитальные затраты на регенерацию. Ил. 1. Табл. 2.

УДК 676.11.082.1

Состав органических веществ производственных черных сульфатных щелоков варок древесины лиственных и хвойных пород. КОСЮКОВА Л. В., ПРОХОРЧУК Т. И., КИБАСОВА Е. Н., СЕДЫХ В. И., КИПРИАНОВ А. И. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1987, № 1, с. 78—82.

Показано, что породный состав перерабатываемой древесины существенно влияет на количественное соотношение основных групп органических веществ сульфатных щелоков и их отдельных компонентов. Табл. 3. Библиогр. список: 4 назв.

УДК 626.394

Оценка эффективности очистки сточных вод сульфат-целлюлозного производства с использованием регрессионных зависимостей. МЕТЕЛКИНА Г. Ю., ШИШКИН А. И. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1987, № 1, с. 82—87.

В работе исследовали показатели качества сточной воды на различных блоках очистки. Статистическая обработка позволила выявить, что показатели качества воды подчиняются закону нормального и логарифмически нормального распределения. Ил. 1. Табл. 2. Библиогр. список: 3 назв.

УДК 628.314.2

Экспресс-анализ окрашенных сточных вод предприятий химической переработки древесины на содержание взвешенных и коллоидных частиц. ФЕДИН А. В., ФЕДИНА Г. П. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1987, № 1, с. 87—92.

Предложены два экспресс-метода установления наличия в интенсивно окрашенных сточных водах коллоидных и мелких взвешенных частиц: фотометрический, основанный на измерениях оптической плотности раствора в кюветках с различной толщиной слоя жидкости, и лазерный с визуальной регистрацией дифракционных картин от единичных коллоидных частиц. Ил. 1. Табл. 2. Библиогр. список: 17 назв.

УДК 676.086.782:630

Получение углеводистых кормов из отходов древесины. ЛАДИНСКАЯ С. И., НАУМЕНКО Э. М. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1987, № 1, с. 92—95.

Рассмотрены вопросы получения кормовых осажаренных продуктов из древесных отходов. Дан состав сырья на содержание легко- и трудногидролизуемых полисахаридов с целью пригодности исходных отходов для переработки гидролитическими методами. Показана степень осажаривания сырья при его гидробарометрической обработке в автоклаве при различных технологических параметрах. Табл. 2. Библиогр. список: 5 назв.

УДК 630*652

Методические положения экономической оценки лесных ресурсов на базе оптимизационных моделей. КОЖУХОВ Н. И., НАДИРАШВИЛИ М. Б., КОЛОСОВ В. С. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1987, № 1, с. 96—101.

Предложена система оптимизационных моделей, позволяющих оценивать различные категории лесных земель. В качестве базового критерия принята дифференциальная рента. Оценка произведена на основе покомпонентного подхода, выделена лесохозяйственная составляющая. Библиогр. список: 2 назв.

УДК 676:658.011.56

Применение матричного моделирования в исследовании информационных потоков предприятий ЦБП. КОКОРЕВА Т. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1987, № 1, с. 101—104.

Предложен метод матричного моделирования для исследования информационных потоков на примере документооборота задач оперативного управления с целью рационализации и упорядочения этих потоков в условиях функционирования АСУП на предприятиях ЦБП. Дан иллюстрированный пример разработки матричной информационной модели. Ил. 1.

УДК 338.984:674

Совершенствование расчета прироста объема производства на деревообрабатывающих предприятиях. МОРОХОВА В. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1987, № 1, с. 104—108.

На основании анализа методов определения прироста объема производства предложен новый подход к установлению долей факторов прироста промышленной продукции. Ил. 2. Табл. 1. Библиогр. список: 2 назв.

УДК 630*79

Учет уровня освоения биомассы дерева при оценке эффективности технологий лесозаготовок. МОНАКОВ И. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1987, № 1, с. 108—113.

Изложены предложения по совершенствованию методики оценки экономической технологических вариантов лесозаготовок в зависимости от уровня освоения отводимого в рубку лесосечного фонда, по учету количественной и качественной составляющих экономического эффекта при более полном использовании вновь осваиваемых элементов биомассы дерева. Табл. 1. Библиогр. список: 6 назв.

УДК 630*232

Особенности создания лесных культур сосны обыкновенной в лесной зоне Украинской ССР. ГОРДИЕНКО М. И., БРОВКО Ф. М., ГОРДИЕНКО Н. М. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1987, № 1, с. 114—117.

Исследованы рост и состояние культур сосны на вырубках с наличием естественного возобновления. Установлено, что в основных типах лесорастительных условий (A_2 , B_2 , C_2) не приходится ориентироваться на естественное возобновление и создание частичных культур сосны с шириной междурядий 4 м и более. Рациональное использование лесосекторных площадей достигается созданием культур с шириной междурядий 1,5—2,0 м и последующим проведением лесоводственных уходов. Табл. 3. Библиогр. список: 7 назв.

УДК 631.313.001.1

Исследование реактивных сил сопротивления почвы, действующих на рабочие органы двухследной дисковой бороны. ВЕРШНИН В. И. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1987, № 1, с. 117—119.

Приведены результаты пространственного тензометрирования отдельных рабочих органов двухследной дисковой бороны в зависимости от угла атаки и вида режущей кромки дисков. Ил. 1. Табл. 1.

УДК 674.815-41

Оптимизация структуры стружечного ковра. ПЛОТНИКОВ С. М. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1987, № 1, с. 119—122.

Получены зависимости, определяющие оптимальную структуру формируемого стружечного ковра по прочности на изгиб изготовляемой древесностружечной плиты. Ил. 3. Библиогр. список: 3 назв.

УДК 674.093.26.001

Микроскопические исследования фанеры в области клевого слоя. ЧУБИНСКИЙ А. Н., БЛЫСКОВА Г. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1987, № 1, с. 122—124.

Дан анализ результатов исследования клевого слоя и области пропитанной клеом древесины фанеры марки ФСФ. Приведены данные по толщине клевого слоя и зоны древесины, пропитанной клеом. Ил. 1. Библиогр. список: 4 назв.

УДК 621.311.23+621.436

Нормирование расхода топлива для дизельгенераторов лесной промышленности. ПИИР А. Э., РЖАНИЦЫНА Л. М., СЕРДЕЧНЫЙ В. Н. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1987, № 1, с. 124—127.

Приведена методика нормирования расхода топлива для дизельных электростанций, применяемых в лесной промышленности. Табл. 3. Библиогр. список: 4 назв.

УДК 674.023.002.237

Влияние смещения оси бревна и бруса относительно оси поставы на выход пиломатериалов, щепы и опилок. ПРОКОФЬЕВ Г. Ф., КОРОТКОВА М. Л., ШЕЙНОВ А. И. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1987, № 1, с. 127—130.

Приведена методика определения влияния величины смещения оси бревна и бруса относительно оси поставы пил. Полученные сведения необходимы при обосновании требований к устройствам для центрования бревна (бруса) и устройствам для настройки станков с регулируемым поставом пил. Ил. 2. Табл. 1. Библиогр. список: 2 назв.

УДК 378 : 630*

К вопросу о перестройке вузов лесного профиля. ВОРОНИН И. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1987, № 1, с. 131—132.

УДК 061.75

Пятое Сукачевские чтения. ОСТРОУМОВА Н. К. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1987, № 1, с. 133—135.

УДК 630*81:061.3

Второй симпозиум по реологии древесины в Польше. УГОЛЕВ Б. Н. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1987, № 1, с. 136.

УДК 630*114.5(049.3)

Полезная книга. СЕРЫЙ В. С., БАБИЧ Н. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1987, № 1, с. 137.