

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР  
ПО НАРОДНОМУ ОБРАЗОВАНИЮ

ИЗВЕСТИЯ  
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ  
ЗАВЕДЕНИЙ

---

*Лесной журнал*

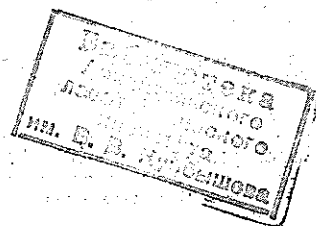
Издается с февраля 1958 г.

Выходит 6 раз в год

1

1990

АРХАНГЕЛЬСК



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

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Акад. ВАСХНИЛ И. С. Мелехов (гл. редактор), д-р хим. наук О. М. Соколов (зам. гл. редактора), проф. Е. С. Романов (зам. гл. редактора), проф. С. И. Морозов (зам. гл. редактора), канд. техн. наук Н. Г. Багаев, проф. Н. М. Белая, проф. С. П. Бойков, проф. Ю. Г. Бутко, проф. А. В. Веретенников, доц. Е. Д. Гельфанд, проф. И. И. Гусев, проф. Р. Е. Калитевский, проф. А. Н. Кириллов, проф. Н. П. Коваленко, проф. Э. Д. Левин, проф. Е. Г. Мозолевская, доц. О. А. Неволин, проф. А. Н. Обливин, проф. А. Р. Родин, д-р биол. наук Л. П. Рысин, проф. В. П. Рябчук, проф. Е. Д. Сабо, проф. В. И. Санев, канд. с.-х. наук С. Г. Синицын, проф. Н. И. Федоров, проф. В. Я. Харитонов, канд. с.-х. наук Г. А. Чибисов, проф. Г. М. Шутов, проф. В. В. Щелкунов, проф. А. А. Эльберт.

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.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИИ  
«ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ» № 1

Ст. редактор Н. П. Бойкова. Редактор З. Ф. Кекишева. Корректор Л. Л. Аксенова.

Сдан в набор 09.11.89. Подписан в печать 13.03.90. Ст. 00152.  
Форм. бум. 70 × 108<sup>1/16</sup>. Бумага типографская № 2. Гарнитура литературная. Печать высокая.  
Усл. печ. л. 12,775. Усл. кр.-отт. 12,775. Уч.-изд. л. 15,51. Тираж 1520 экз. Заказ 7162. 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

## ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

УДК 630\*61

ПРИРОДООХРАННЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ  
В ЛЕСОУСТРОИТЕЛЬНОМ ПРОЕКТЕ

В. А. БУГАЕВ

Воронежский лесотехнический институт

В «Концепции развития лесного хозяйства» перед лесоустройством поставлены важные задачи. Лесоустроительный проект должен стать основой долгосрочного планирования в пределах каждого лесохозяйственного предприятия [2, 9].

В лесоустроительном проекте, исходя из указанной задачи, должны быть отражены три основных направления: 1) определение количественных и качественных показателей возможного пользования древесиной и другими продуктами леса; 2) разработка рекомендаций по объему и технологии воспроизводства, выращивания леса, ухода за ним; 3) проектирование природоохранных мероприятий. Каждое из этих направлений представляет собой составную часть взаимосвязанной системы. Такая системность обязывает подходить к отдельным видам работ в лесу не в «чистом» смысле, а с позиций трех упомянутых направлений.

При разработке плана главных рубок должны быть установлены объем и технология лесозаготовок по наиболее полному и рациональному использованию всего древесного запаса, отведенного в рубку. При этом предусматривается обеспечить лесовосстановление на вырубленных площадях в соответствии с определенными правилами. В процессе проведения главных рубок и лесовосстановления обычно не предусматриваются специальные природоохранные мероприятия. Имеется в виду, что уже само соблюдение правил рубки леса и лесовосстановления создает нормальную экологическую обстановку, и факт сформировавшегося на вырубке молодого поколения леса как бы говорит о ненужности дополнительных природоохранительных мероприятий.

Проектирование лесопользования представляет собой одну из важных задач лесоустройства, и надо учесть, в какой мере эксплуатация леса воздействует на природную обстановку в нем. Безусловно, лесозаготовки нарушают сложившуюся в процессе роста древостоя лесную среду, что характеризуется оголением участка лесосеки, деформированием его поверхности и почвы, разрывом связи между отдельными компонентами биоценоза. В настоящее время возрастание потребности в древесном сырье и соответствующее увеличение объема лесозаготовки вызвали изменение технологии лесозаготовок [4]. При разработке лесосек стали использовать мощные машины. Конструкторы таких машин главное внимание обращают на повышение производительности техники. Лесоводов мало привлекают к созданию средств механизации. Каких-либо природоохранительных ограничений при конструировании машин не предусматривается. К такой технике приспособливается технология лесосечных работ, чтобы по возможности уменьшить повреждение естественного возобновления. При этом особого внимания на сохранение природной среды не обращается, исходя из предпосылки, что сохранность подроста обуславливает и экологическую защиту.

Таким образом, современная технология лесозаготовки, базирующаяся на мощной лесозаготовительной технике, разрабатывается по принципу: от машины — к природе. В последнее время во многих отраслях при новом строительстве, при создании средств механизации экологическому фактору отводится все большая роль. Разрабатываются нормативы по сохранению окружающей среды, широко внедряется безотходное производство, направленное на наиболее полное использование ресурсов, исключая отрицательное влияние на среду накопления отходов, устанавливаются показатели ущерба экологии, вводятся необходимые ограничения и т. п. Так, в сельскохозяйственном и автотранспортном машиностроении во все большем количестве стали выпускать машины с возможно минимальной нагрузкой на единицу поверхности, соприкасающейся с ходовой частью, и с небольшой деформацией почвы. В лесной промышленности такие меры пока отсутствуют. Здесь по-прежнему конструируются средства механизации с игнорированием принципа: от природы — к машине, без учета требований лесоводства. Многочисленные публикации, применительно к отдельным регионам страны, свидетельствуют, что в погоне за лесозаготовительным эффектом использование тяжелой техники приводит к уничтожению подроста, ухудшению почвенных условий, создает затруднения для последующего лесовосстановления, наносит ущерб экологической обстановке.

При проектировании лесовосстановительных мероприятий учитывается наличие сохранившегося благонадежного подроста главных пород, достаточного для формирования сомкнутого насаждения. Именно этот показатель принимается за основу, но не обращается достаточного внимания на природоохранное состояние. В зависимости от зональной приуроченности предусматриваются определенные способы лесовосстановления [6, 7]. При слабом естественном возобновлении нередко создаются лесные культуры. Однако, по мнению И. С. Мелехова [4], увеличение объема работ по искусственному лесовосстановлению служит лишь частичным выходом из создавшегося положения, главный путь в таежной зоне — содействие естественному возобновлению. С. Г. Синицын [9] утверждает, что почти 1/3 культур закладывается в районах восточнее Урала, где они не дают должного хозяйственного эффекта и в массе гибнут от лесных пожаров. Он считает, что основным способом лесовосстановления должно стать естественное возобновление, лесные же культуры следует создавать только при необходимости и хозяйственной целесообразности. Кроме того, искусственное лесовосстановление сдерживается его географической и природноклиматической обусловленностью и экологическими особенностями лесокультурного фонда, образовавшегося в условиях применения на лесозаготовках тяжелой техники, ухудшения почвенных условий, а значит, при потенциальном снижении продуктивности будущих лесов. Описанные факторы, наряду с другими, характеризуют лесокультурную доступность вырубок [5]. Последнюю надлежит понимать как возможность создания лесных культур на данном необлесенном участке.

Лесоустройство при формировании лесокультурного фонда, помимо лесоводственных, природных, экономических признаков, должно принимать во внимание экологическую обстановку. Важное значение имеет наличие очищенных от порубочных остатков вырубок. Захламленность последних не только затрудняет подготовку почвы перед созданием культур, а нередко делает ее невозможной, но и создает угрожающее положение с точки зрения противопожарных и лесопатологических условий. Тяжеловесная лесозаготовительная техника, наряду с повреждением подроста, а часто и с полным его уничтожением, деформирует почву и поверхность участка, создает рытвины, микропони-

жения, громоздит земляные валы, выворачивает наружу неплодородные почвенные слои при одновременном засыпании более плодородных. Все это не только затрудняет производство лесных культур, но и ухудшает экологические условия, вызывает эрозию, размыв поверхности, заболачивание и другие нежелательные явления. Следовательно, при выборе участков под культуры необходима их природоохранная оценка. К сожалению, она не дается при таксации леса, к тому же отсутствуют критерии такой оценки.

При проектировании лесных культур их состав ограничивается, как правило, одной главной породой. В настоящее время в европейской части, где наиболее развито искусственное лесовосстановление, открытых площадей осталось немного, и лесные культуры создаются здесь, преимущественно, на вырубках, быстро зарастающих порослью лиственных пород. В итоге образуются смешанные древостои биологически более устойчивые, чем чистые, и, как свидетельствуют проведенные исследования [8], наиболее продуктивные. Формирование смешанных культур большей частью специально не проектируется, поскольку предусматривается только одна главная порода, а примесь других пород появляется в результате возникновения поросли на вырубках. Поэтому, определяя лесокультурные мероприятия, нужно устанавливать возможность образования порослевой примеси к главной породе.

Наряду со смешанными, все же значительно распространены чистые по составу культуры, особенно хвойных пород. Они образуются благодаря вводу одной породы, либо в результате выборки примеси при рубках ухода, а в хвойно-лиственных культурах в процессе роста второстепенные породы отстают по высоте и уже приспевающие древостои становятся чистыми хвойными. Обычно чистые и смешанные леса сопоставляют по таксационным признакам. Но этого недостаточно. Нужна экологическая оценка. В связи с этим следует отметить, что чистые древостои менее устойчивы против вредных насекомых, грибных заболеваний, снеговала, лесных пожаров. Массивные насаждения, созданные из одной породы, при недостатке влаги в засушливых районах оказываются в неблагоприятных условиях, имеют пониженный прирост, суховершиняют, а иногда и погибают. Некоторые древесные породы положительно влияют на плодородие почвы, поэтому отдельные авторы рекомендуют выращивать смешанные насаждения, например хвойно-лиственные. Создание смешанных, наиболее долговечных и устойчивых насаждений целесообразно и с точки зрения сохранения лесом защитных свойств, повышения их эстетической, рекреационной ценности. Это особенно важно для лесов I группы.

В странах Западной Европы длительное время стремились выращивать культуры из одной породы, так называемые монокультуры. Наиболее распространены были насаждения ели, что обуславливалось необходимостью за короткий срок обеспечить потребность целлюлозно-бумажных предприятий в сырье. Наряду с высокой цепностью древесины в чистых хвойных культурах, привлекали их хорошая приживаемость, значительная продуктивность и успешный рост в затруднительных условиях — на кислых, заболоченных и бедных почвах. Однако при этом не учитывались неблагоприятные экологические последствия: ухудшение водорегулирующей роли леса, снижение почвенного плодородия, биологической устойчивости и др. [10]. В 70-х гг. в ряде стран, например в ФРГ, Швейцарии, наблюдались зимы с обильными снегопадами, что вызвало бурелом на огромных площадях монокультур и необходимость расчистки завалов и сплошных санитарных рубок. Все это побудило западноевропейских лесоводов перейти на выращивание смешанных хвойно-лиственных насаждений, в меньшей степени подверженных влиянию упомянутых отрицательных факторов.

Несмотря на ряд преимуществ смешанных насаждений, все же на участках с резко выраженными односторонними качествами почв приходится отдавать предпочтение определенной породе. К тому же чрезмерная многопородность в составе насаждений затрудняет механизацию лесокультурных работ и усложняет их технологию.

Для более широкого использования техники лесные культуры стали создавать с шириной междурядий и размещением по площади, соответствующими габаритам машин. И в этом случае преобладает принцип: от машины — к природе. Из тех же соображений проводятся рубки ухода со сплошной вырубкой определенного ряда, например каждого четвертого-пятого. Распространение приобретает химический уход в молодняках, направленный на уничтожение примеси второстепенных пород. Кроме того, химия получила широкое применение при выполнении различных работ в лесу: химический способ борьбы с вредными насекомыми, болезнями, внесение удобрений, устранение сорняков, травянистой растительности и т. п.

Использование средств механизации, химических способов, безусловно, способствует повышению производительности труда, выполнению лесохозяйственных работ. Эффект от них обычно определяется на основании лесоводственно-таксационных и экономических показателей. Но этого недостаточно, чтобы запроектировать мероприятия, целесообразные не только с точки зрения хозяйственной необходимости, но и с учетом природоохранных условий. К сожалению, некоторые авторы, касаясь вопросов перестройки лесного хозяйства, последним факторам уделяют мало внимания [1].

Нарушения природной среды леса следует рассматривать не как неизбежные потери, которые в какой-то мере можно возместить, а как трудно исправимый ущерб. Поэтому справедливы суждения В. М. Камбалина [3], считающего, что теперь недостаточно говорить только о восстановлении вырубленного леса, а надо гораздо шире расценивать изменения, происходящие после использования природных ресурсов.

В связи с изложенным возникает необходимость повысить роль природоохранных мер при лесоустроительном проектировании. Прежде всего, надо учитывать взаимосвязь каждого проектируемого мероприятия с охраной природы, возможное влияние на нее принимаемого решения. При таксации леса, помимо общепринятых показателей, необходимо получать информацию об экологической обстановке в каждом участке, для чего разработать определенные нормативы и критерии. Требуется определять показатели нарушения природной среды при проведении работы в лесу, устанавливая допустимые пределы экологии, свыше которых данное мероприятие не должно предусматриваться. При изучении прошлого хозяйства следует анализировать каждое мероприятие, предусмотренное предыдущим лесоустройством, как с точки зрения рекомендуемой технологии, так и ее фактического выполнения. При установлении нарушений экологической обстановки вновь предлагаемая технология должна быть откорректирована. Проектируя главные рубки, надо предусматривать определенные природоохранные ограничения, исключающие нерациональность использования лесосечного фонда, нарушения природной среды при лесозаготовках. При учете естественного возобновления необходимо обращать внимание на состояние вырубок с точки зрения допущенных нарушений экологической обстановки и рекомендовать меры, устраняющие повторение таких нарушений на аналогичных участках в процессе лесозаготовки. Определяя густоту и размещение лесовозных дорог, следует ограничивать их пределами хозяйственной необходимости, приспособив для этих целей имеющуюся транспортную сеть. При проектировании лесных

культур технология их создания, подготовка почвы, размещение древесных пород, породный состав и уход за насаждениями должны быть подчинены не только обеспечению формирования сомкнутого древостоя, но и созданию благоприятной природной обстановки на данном участке леса и прилегающей к нему территории.

Нами изложены лишь некоторые соображения о лесоустроительном проектировании природоохранных мер. Круг вопросов может быть существенно расширен, что обеспечит разработку проекта, обоснованного с лесоводственных экономических и природоохранных позиций.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Андрукевич О. Н. Пути перестройки хозяйственного механизма // Лесн. хоз-во.— 1989.— № 2.— С. 10—12. [2]. Исаев А. С. Лес для нас и для потомков // Известия.— 1989.— 14 апр. [3]. Камбалин В. М. Методические аспекты оптимального лесопользования // Лесн. хоз-во.— 1989.— № 2.— С. 44—46. [4]. Мелехов И. С. Лесоводство в преддверии XXI века // Лесн. хоз-во.— 1986.— № 8.— С. 3—5. [5]. Моисеев Н. А., Обливин А. Н. IX Мировой лесной конгресс: проблемы использования и воспроизводства лесных ресурсов в мире // Лесн. журн.— 1986.— № 3.— С. 129—134.— (Изв. высш. учеб. заведений). [6]. Писаренко А. И. Лесовосстановление.— М.: Лесн. пром-сть, 1977.— 250 с. [7]. Побединский А. В. Возобновление на вырубках // Лесн. хоз-во.— 1983.— № 10.— С. 31—35. [8]. Поляков А. Н., Ипатов П. Ф., Успенский В. В. Продуктивность лесных культур.— М.: Лесн. пром-сть, 1986.— 240 с. [9]. Синицын С. Г. О концепции развития лесного хозяйства // Лесн. хоз-во.— 1989.— № 1.— С. 2—7. [10]. *Noirfalise A. Okologische Folgen eines intensiven Nadelholzanbaus in Laubwaldgebieten der gemässigten Zone Europas // Nature und Landschaft.— 1967.— N 6.*

Поступила 14 августа 1989 г.

УДК 630\*232 : 630\*907.12

## ВЛИЯНИЕ АТМОСФЕРНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ НА СЕМЕНОШЕНИЕ И КАЧЕСТВО СЕМЯН СОСНЫ

Н. А. ЛУГАНСКИЙ, В. А. КАЛИНИН

Уральский лесотехнический институт

Воздействие промышленных выбросов на плодоношение лесных древесных пород не однозначно и определяется целым комплексом факторов: концентрацией и составом вредных веществ, климатическими и почвенными условиями, индивидуальной устойчивостью и т. д. [5, 8]. Так, установлено, например, что деревья ели с большими потерями хвои из-за эмиссионных воздействий более урожайны, качество их семян выше [9], а в пораженных сосняках, наоборот, снижается урожайность [6] и уменьшаются размеры шишек — на 20...30 %, их масса — на 8,9 % [4]. В то же время есть свидетельства об отсутствии признаков влияния промышленных выбросов на репродуктивную способность сосны, например газообразных отходов нефтехимического производства [2].

Цель настоящих исследований — установить влияние атмосферных промышленных загрязнений на семеношение и качество семян культур сосны. Исследования проведены в осенне-зимний период 1987/88 гг. Для экспериментов были подобраны три участка искусственных молодняков сосны, на которых заложены временные пробные площади (ВПП). Их характеристика дана в табл. 1. Тип леса — сосняк ягодниковый, возраст — 40 лет, экспозиция рельефа — равнина.

На пробных площадях учитывали семеносящие деревья, на них подсчитывали число шишек. С учетом этих данных, на основе маршрутных обследований по шкале глазомерной оценки В. Г. Каппера выводили балл урожайности [7]. Затем на опытных участках ручным способом собирали шишки со стоящих деревьев, независимо от их урожайности, равномерно по кроне не более 1 кг с каждого. Таким образом, с каждого участка получали партию шишек массой около 20 кг, которая представляла не менее 20 особей сосны.

Таблица 1

Номер участка	Расстояние от источника выбросов, км	Азимут	Расчетная концентрация $SO_2$ , мг/м <sup>3</sup>	Состояние древостоя	
				Полнота	Категория
1	0,5	Ю	2,0	0,6	3
2	3,0	В	2,3	0,6	4
3	25,0	З	Фон вая	0,7	1

Примечание. Показатель категории состояния древостоя определяли по методике М. И. Гальперина и Б. С. Фимушина [3], согласно которой, к 1-й категории относятся древостои, состоящие из здоровых деревьев, в древостое 3-й категории от 30 до 70 % здоровых деревьев, 4-й категории — менее 30 %.

Из каждой партии способом выемок (ГОСТ 13056.1—67) брали средний образец шишек (500 шт.) и измеряли их морфологические показатели: длину, диаметр в наиболее широкой части и массу в свежем виде. Для определения числа семян в одной шишке средний образец из 100 шт. сушили индивидуально по 1 шишке. Сушку остальных шишек и извлечение из них семян производили отдельными пробами массой 1 кг с последующим замером выхода семян. Для сушки шишек использовали термостат 6-65/250, температурный режим сушки +55 °С, время сушки — 24 ч. В связи с тем, что показатели выхода и массы 1 000 семян варьируют незначительно, определение этих параметров и их статистическую обработку выполняли по методу малых выборок ( $n = 20$ ). Энергию прорастания и техническую всхожесть семян оценивали по числу проросших семян (ГОСТ 13056.6—75) на 7-й и 15-й день, соответственно. Кроме того, прорастание семян учитывали ежедневно в течение 21 сут.

Таблица 2

Номер участка	Размер пробной площади, га	Число деревьев, шт.		Число шишек на 1 семеносящем дереве, шт.	Балл урожайности по В. Г. Капперу
		всего на ВПП	семеносящих		
1	0,2	307	39	106 ± 51	1
2	0,4	381	6	74 ± 76	Меньше 1
3	0,2	408	110	240 ± 250	3

Примечание. Здесь и в табл. 3 приведены значения средних арифметических и их стандартные ошибки.

В табл. 2 приведены результаты учета семеношения на пробных площадях. Из таблицы следует, что на ВПП контрольного участка доля семеносящих деревьев составила 27 %, меньше таких деревьев на ВПП участка № 1 (12 %) и очень мало на ВПП участка № 2 (1,5 %). Аналогичные данные получены при изучении числа шишек на одном семеносящем дереве. Таким образом, урожайность пораженных участков оказалась в 3—18 раз ниже, чем контрольного.

Из табл. 3 видно, что в насаждениях, подверженных влиянию атмосферных промышленных загрязнений, наблюдается снижение морфометрических показателей шишек. Уменьшение размеров шишек выражено сильнее, чем массы (3,1... 4,4 % против 2,0 %). Следовательно, в пораженных насаждениях увеличилась плотность шишек. Выявленные нами показатели снижения размеров шишек в несколько раз меньше приведенных М. Н. Егоровым [4]. В то же время полученные М. Н. Егоровым данные подтверждают положение о том, что одно из проявлений воздействия атмосферных промышленных загрязнений — увеличение плотности шишек.



Таблица 3

Показатели	Участки			Достоверность различия	
	1	2	3	1—3	2—3

## Морфометрические показатели шишек

Длина, мм	44,7 ± 0,2	44,6 ± 0,2	46,3 ± 0,2	0,99	0,99
Диаметр, мм	21,8 ± 0,1	22,1 ± 0,1	22,8 ± 0,1	0,99	0,99
Масса, г	8,43 ± 0,11	8,48 ± 0,12	8,60 ± 0,12	0,68	0,52
Число семян в одной шишке, шт.	11,5 ± 0,6	15,3 ± 0,5	23,2 ± 0,9	0,99	0,99
Выход семян, %	0,67 ± 0,03	1,25 ± 0,01	1,30 ± 0,02	0,99	0,99

## Характеристики качества семян

Масса 1 000 шт., г	4,29 ± 0,10	6,35 ± 0,04	4,81 ± 0,04	0,99	0,99
Энергия прорастания, %	58,3 ± 2,5	55,5 ± 3,3	89,3 ± 2,3	0,99	0,99
Техническая всхожесть, %	60,5 ± 3,0	55,5 ± 3,3	91,0 ± 1,1	0,99	0,99
Количество непроросших семян, %	39,5 ± 3,0	44,6 ± 3,3	9,0 ± 1,1	0,99	0,99
В том числе:					
здоровых	4,4 ± 0,9	5,5 ± 1,0	2,3 ± 0,3	0,95	0,94
загнивших	1,6 ± 0,6	1,5 ± 0,6	1,0 ± 0,4	0,83	0,47
зараженных	1,5 ± 0,5	1,5 ± 0,5		0,74	0,74
без зародышей	32,0 ± 4,0	36,0 ± 3,0	5,2 ± 1,3	0,99	0,99

Число семян в одной шишке на участке № 1 более чем в 2 раза, а на участке № 2 в 1,5 раза меньше, чем на контрольном. Однако на участке № 2 уменьшение количества семян в одной шишке компенсировалось увеличением их массы, в результате выход семян на этом участке отклоняется от контрольного только на 4,8 %, тогда как на участке № 1 это отклонение в 10 раз больше и составляет 48,5 %.

Всхожесть семян, полученных с пораженных участков, оказалась на 30...35 % ниже, чем у контрольных. Причем у семян с участка № 2 техническая всхожесть не превысила энергию прорастания. Анализ данных ежедневного учета всхожести показал, что основная масса жизнеспособных семян прорастает на 3—4-й день после посева, т. е. происхождение семян не влияет на скорость прорастания их жизнеспособной части.

Среди непроросших преобладали семена без зародышей, причем у семян из пораженных насаждений их в несколько раз больше, чем у контрольных.

Таким образом, исследования показали, что загрязнение атмосферного воздуха промышленными выбросами является одним из факторов, определяющих интенсивность семеношения сосны. Влияние последних проявляется в снижении урожайности как отдельных деревьев, так и в целом насаждений.

Уменьшение биометрических характеристик шишек, числа семян в одной шишке, снижение выхода их и посевных качеств, аномальные отклонения массы являются признаками, свидетельствующими о высокой уязвимости генеративных органов сосны промышленными выбросами. Аналогичные признаки отрицательного влияния атмосферных промышленных выбросов на репродуктивную способность сосны отмечали и другие исследователи [1, 6]. В частности, В. Г. Антипов установил, что сернистый ангидрид активно воздействует на жизнедеятельность пыльцы [1].

Воздействие промышленных загрязнений, которое проявляется в аномальном увеличении массы семян и приводит поэтому к незначительному отклонению их выхода от нормы, маскирует на первых порах низкое качество семян. Поэтому очевидно, что в пораженных насаждениях сбор шишек должен быть только целенаправленным, например на получение генетического газоустойчивого посадочного материала [10]. В этих насаждениях, по-видимому, нецелесообразно проводить целенаправленный хозяйственный сбор шишек, так как в результате будут получены семена низкого качества и, кроме того, неизбежны повреждения деревьев в процессе сбора шишек, что ускорит деградацию пораженных насаждений.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Антипов В. Г. Устойчивость сосновых посадений к промышленным газам // Лесоведение и лесное хозяйство.— Минск: Высшейш. школа.— 1986.— Вып. 21.— С. 113—116. [2]. Баталова А. А., Мартыянов Н. А. К экологии семенного размножения сосны обыкновенной в окрестностях нефтехимических предприятий // Экология.— 1981.— № 2.— С. 84—85. [3]. Гальперин М. И., Фимушин Б. С. Использование связи прироста деревьев по диаметру с размером их крон для оценки жизнеспособности пригородных сосновых древостоев // Текущий прирост древостоев.— Минск: Урожай, 1975.— С. 123—128. [4]. Егоров М. Н. Биологические и экологические особенности сосны в естественных и искусственных насаждениях Билимбаевского лесхоза Свердловской области: Автореф. дис... канд. с.-х. наук.— Свердловск, 1972.— 21 с. [5]. Николаевский В. С. Биологические основы газоустойчивости растений.— Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1979.— 278 с. [6]. Подзоров Н. В. Закономерности усыхания сосняков в зоне интенсивных промышленных выбросов // Лесн. хоз-во.— 1965.— № 7.— С. 47—49. [7]. Справочник работника лесного хозяйства / Под ред. И. Д. Юркевича.— Минск: Наука и техника, 1986.— 623 с. [8]. Шяптяне Я. А. Закономерности усыхания сосняков в зоне интенсивных промышленных выбросов // Лесн. хоз-во.— 1988.— № 2.— С. 43—46. [9]. Stutz H. P., Frehmer E., Burkart A. Nadelverlust der Fichte und Samengvalitat // Forstwiss. Cbl.— 1987.— 106, N 2.— S. 68—77. [10]. Tschaksch O. Ergebnisse der Zuchtig relativ rauchhartel Baumarten und deren praxiswirksame Uberleitung // Umweltschutz Land- und Forstwirt.— Leipzig, 1985.— S. 140—150.

Поступила 30 октября 1989 г.

УДК 630\*453 : 630\*425

### РАСПРОСТРАНЕНИЕ СОСНОВОГО ПОДКОРНОГО КЛОПА В КУЛЬТУРАХ СОСНЫ, ИСПЫТЫВАЮЩИХ ВОЗДЕЙСТВИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ВЫБРОСОВ

А. Д. МОИСЕЕВ, С. Д. ПИСАРЕВА

Московский лесотехнический институт

Экология подкорного соснового клопа (*Aradus cinnamomeus* Ranz.), одного из наиболее распространенных вредителей сосновых могоднъяков, достаточно хорошо изучена [3, 5, 7]. Возникновение очагов массового размножения клопа приурочено к насаждениям, подверженным действию неблагоприятных факторов среды: недостатка влаги [1], худших условий местопроизрастания [2], повреждения хвоегрызущими насекомыми [4].

Массовое размножение этого вредителя в сосняках при атмосферном загрязнении поллютантами отмечено в Польше [13] и Финляндии [9, 10].

В отечественной литературе распространение и экологические особенности подкорного клопа в насаждениях, испытывающих воздействие промышленных выбросов, практически не освещены, что определило необходимость настоящего исследования.

Детальные исследования популяций клопа проводили в 15—20-летних сосновых культурах, произрастающих в районе воздействия металлургического комбината на Южном Урале, в выбросах которого преобладает  $SO_2$ . Пробные площади закладывали в выделенных по состоянию насаждений зонах с разной степенью техногенного воздействия: сильного, среднего, слабого и фонового (контроль). Для учетов были подобраны участки культур со сходными условиями местопроизрастания в разнотравно-злаковых (зоны 2—4) и разнотравно-вейниковых (зона 1) типах леса и густотой произрастания 2...3,5 тыс. деревьев на 1 га. Численность личинок 2—4-возраста и имаго клопа учитывали на участках коры в районе его поселения на стволе с последующим пересчетом плотности на единичное дерево с учетом категорий состояния (без признаков ослабления, ослабленные, сильноослабленные). Состояние культур в зонах техногенного воздействия характеризовали распределением числа деревьев на пробных площадях по категориям. Наряду с визуальной оценкой, состояние индивидуальных деревьев характеризовали интенсивностью смолывыделения — по длине подтека живицы через 2 ч после нанесения поранения охотничьей высечкой. Численность клопа на деревьях разных категорий состояния сопоставляли с содержанием растворимых сахаров — глюкозы и сахарозы в лубе. Содержание сахаров определяли методом Бертрана [6] с идентификацией результатов резорциновым методом [12] в институте физиологии растений АН СССР. Повторность определений 3—5-кратная.

Проведенные нами фенологические исследования в популяциях подкорного клопа, развивающихся в условиях промышленного загрязнения, не выявили существенных отклонений в его биологии и времени наступления стадий развития в сравнении с обычно отмечаемыми в литературе. Подкорный клоп в районе обследования имеет двухлетнюю генерацию с преобладанием колена нечетного года (97,6...99,8 % популяции).

В нормально развивающихся молодняках зон фонового и слабого техногенного воздействия численность клопа минимальна. В этих условиях клоп встречается в основном по опушкам посадок; при густоте культур 5...7 тыс. деревьев на 1 га численность имаго клопа не превышает 5 шт. на дерево. С уменьшением густоты культур до 3...4 тыс. деревьев на 1 га численность имаго клопа возрастает до 30...40 шт. на дерево и выше.

Таблица 1

Категория состояния	Распределение деревьев по категориям состояния, %, по зонам воздействия			
	сильного	среднего	слабого	фонового
Без признаков ослабления	0...10	27...37	52...89	79...87
Ослабленные	15...58	37...40	8...22	8...16
Сильноослабленные	28...67	23...31	1...26	1...6
Усыхающие	1...7	1...2	0...1	0...1
Свежий сухостой	3...5	0...1	0...1	0...1

Преобладающее влияние на численность подкорного клопа оказывает состояние сосновых культур, существенно зависящее от степени техногенного воздействия (табл. 1). Из приведенных данных видно, что по состоянию наиболее сходны зоны фонового и слабого техногенного воздействия, в которых господствуют деревья сосны без признаков ослабления.

В сосновых культурах, подвергающихся среднему и сильному загрязнению, основную долю составляют ослабленные и сильноослабленные деревья. Усиленный отпад деревьев в этих зонах приводит к снижению густоты культур до 2000 деревьев на 1 га, что способствует созданию более благоприятных условий для развития насекомых в сравнении с насаждениями, менее поврежденными выбросами. Подкорный клоп заселяет только жизнеспособные сосны, но его экологическая плотность сильно варьирует в зависимости от степени ослабления деревьев (табл. 2).



Таблица 3

Зона воздействия	Категория состояния	Глюкоза		Сахароза	
		$\bar{x} \pm m_x$	$t_{\phi}$	$\bar{x} \pm m_x$	$t_{\phi}$
Сильного	1	30,0 ± 0,6	6,5	28,8 ± 0,4	3,1
	2	40,9 ± 1,6	5,6	41,5 ± 4,1	4,5
	3	28,0 ± 1,2		22,1 ± 1,2	
Среднего	1	29,3 ± 0,7	3,4	24,6 ± 1,7	5,8
	2	36,5 ± 2,0	4,5	36,2 ± 1,7	15,8
	3	26,9 ± 0,7		27,0 ± 0,8	
Слабого	1	39,2 ± 1,6	7,5	16,7 ± 0,7	5,9
	2	54,2 ± 1,2	4,6	24,7 ± 1,2	2,0
	3	45,0 ± 1,0		27,3 ± 0,5	
Фонового	1	55,4 ± 1,6	2,5	31,9 ± 2,1	0,6
	2	60,6 ± 1,4	10,8	34,8 ± 4,3	1,7
	3	42,5 ± 0,9		27,5 ± 1,0	
		$t_{st}$ 5 % — 2,78 1 % — 4,60		$t_{st}$ 5 % — 2,31 1 % — 3,36	

Примечание: 1 — деревья без признаков ослабления; 2 — ослабленные; 3 — сильноослабленные.

от степени ослабленности сосны в значительной мере объясняет изменение экологической плотности подкорного клопа, которая в течение двух лет была максимальной именно на ослабленных деревьях. Сравнение содержания сахаров в лубе деревьев одинаковой категории состояния, но произрастающих в зонах с разной степенью техногенного воздействия, показывает довольно сильное варьирование, связанное, по-видимому, с влиянием других факторов (микроклиматические условия, минеральное питание, индивидуальные особенности и пр.). Вместе с тем можно предположить, что содержание сахаров в лубе сосны не определяет существенного увеличения численности клопа с усилением загазованности. В некоторых работах [9, 10] массовое размножение клопа в загазованных сосновых молодняках связывается со снижением резистентности деревьев и пресса со стороны энтомофагов. Одним из показателей резистентности является смолывыделительная способность, анализ которой произведен нами в местах учета численности подкорного клопа (табл. 4).

Таблица 4

Зона воздействия	Категория состояния	Длина подтека живицы, см	$t_{\phi}$
Сильного	1	5,2 ± 0,20	1,5 23,7
	2	5,6 ± 0,22	
	3	0,3 ± 0,01	
Среднего	1	13,9 ± 0,44	6,5 27,0
	2	10,3 ± 0,35	
	3	0,74 ± 0,07	
Слабого	1	12,6 ± 0,35	— 73,4
	2	12,6 ± 0,10	
	3	4,6 ± 0,03	

$t_{st}$  5 % — 2,18; 1 % — 3,05

Полученные данные свидетельствуют о том, что смолывыделительная способность деревьев без признаков ослабления и частично ослаб-

ленных различается незначительно (зона среднего воздействия) или недостоверно (зоны сильного и слабого воздействия). Сильноослабленные деревья сосны характеризуются существенным снижением этого показателя (различие по критерию Стьюдента достоверно при 1 %-м уровне значимости). Вместе с тем смолывыделительная способность деревьев всех трех категорий состояния заметно снижается по мере приближения к источнику выбросов, что может быть причиной увеличения численности подкорного клопа.

В целом можно предположить, что влияние уровня техногенного загрязнения на численность клопа опосредовано, в основном, изменением резистентности деревьев. В пределах категорий состояния деревьев дополнительным фактором, влияющим на экологическую плотность этого вида, является изменение питательной ценности кормового субстрата.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Давиденко Л. К. Повышение устойчивости сосновых культур к подкорному клопу в Бузулукском бору: Автореф. дис. . . канд. биол. наук.— М., 1974.— 19 с. [2]. Давиденко Л. К., Давиденко М. В. Состояние культур сосны и их устойчивость к подкорному клопу в условиях Бузулукского бора // Сб. работ по лесному хозяйству.— 1974.— Вып. 3.— С. 61—83. [3]. Давыдова А. В. Сосновый подкорный клоп в лесах Брянской области и меры борьбы с ним: Автореф. дис. . . канд. с.-х. наук.— Воронеж, 1956.— 20 с. [4]. Маратэ Ч. М., Харченко Н. А. Особенности развития очагов соснового подкорного клопа в культурах сосны обыкновенной, ослабленных копытными животными и пилильщиками / Воронеж. лесотехн. ин-т.— Воронеж, 1985.— 9 с.— Деп. в ЦБНТИлесхоз 12.08.85, № 415лх-85 деп. [5]. Положенцев П. А., Здрайковский Д. И. К характеристике деревьев сосны, пораженных подкорным клопом // Лесн. журн.— 1958.— № 3.— С. 17—24.— (Изв. высш. учеб. заведений). [6]. Практикум по агрохимии / Под ред. Б. А. Ягодина и др.— М.: Агропромиздат, 1987.— 511 с. [7]. Разумова В. Ф. Влияние поврежденных подкорного соснового клопа (*Aradus cinnamomeus* Ranz.) на сосну // Зоол. журн.— 1960.— № 39, вып. 6.— С. 848—857. [8]. Dohmen G. P. Secondary effects of air pollution on enhanced aphid growth // Environ. Pollution.— 1985.— Vol. 39, N 3.— P. 227—234. [9]. Heliövaara K., Terho E., Koronen M. Parasitism in the eggs of the pine bark bug, *Aradus cinnamomeus* (Heteroptera, Aradidae) // Ann. entomol. fenn.— 1982.— Vol. 48, N 1.— P. 31—32. [10]. Heliövaara K., Väisänen R. Industrial air pollution and the pine bark bug, *Aradus cinnamomeus* Ranz. (Het., Aradidae) // J. appl. entomol.— 1986.— Vol. 101, N 5.— P. 469—478. [11]. Koziol M. J., Whatley F. R. Gaseous air pollutants and plant metabolism.— London: Butterworths, 1984.— 14.— 466 с. [12]. Roe J. H. J. Biol. Chem.— 1955.— N. 12.— P. 335. [13]. Sierpinski Z. Schädliche Insekten an jungen Kiefern beständen in Rauschadengebieten in Oberschlesien // Arch. Forstwesen.— 1966.— Bd 15, H. 10.— S. 1105—1114. [14]. Srivastava P. N. Nutritional physiology // Aphids: Biol., Natur. Eneihies and Contr.— Amsterdam, 1987.— Vol. A.— P. 99—121.

Поступила 3 июля 1989 г.

УДК 630\*181.43.001.57

### ЭКОЛОГИЯ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОСЛЕПОЖАРНОГО ОТПАДА И ВОЗОБНОВЛЕНИЯ ЛИСТВЕННОСТИ НА МНОГОЛЕТНЕЙ МЕРЗЛОТЕ

П. М. МАТВЕЕВ, В. А. УСОЛЬЦЕВ

Сибирский технологический институт  
Уральский лесотехнический институт

Возрастающая значимость экологической безопасности и устойчивости лесных биогеоценозов на многолетней мерзлоте к повреждающим воздействиям, а также неоднозначность мнений о роли лесных пожаров в восстановительной динамике таежных лесов обуславливают высокую актуальность прогнозирования послепожарного отпада и возоб-

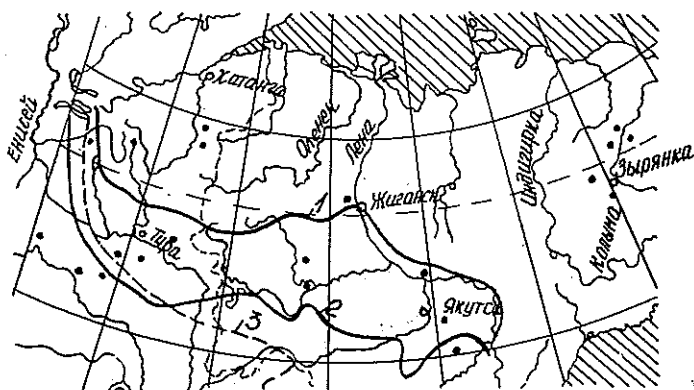


Рис. 1. Расположение участков пробных площадей по мерзлотным поясам: 1 — линия, разграничивающая седьмую и восьмую мерзлотные подзоны [2] и разделяющая северный и средний мерзлотные пояса; 2 — линия, разделяющая геокриологические зоны сплошного и островного распространения многолетних мерзлых пород [2] и она же, разделяющая средний и южный мерзлотные пояса; 3 — граница раздела ареалов лиственниц сибирской и даурской [5].

новления главного таежного лесообразователя — лиственницы на основе комплексного учета определяющих воздействий.

Исследования проведены в Красноярском крае и Якутской АССР на территории Среднесибирского плоскогорья, Лено-Алданского плато, Центральноякутской равнины и юга Колымской низменности, подразделенной нами на три мерзлотных пояса (рис. 1). Исследования ограничены равнинными условиями низменностей и плоскогорий с долей участия лиственницы в составе от 7 до 10 единиц, проведены в древостоях старше 80 лет, когда конкурентные отношения деревьев уже ослаблены и естественный отпад незначителен. Древостои пройдены пожарами в июле — августе.

В исследуемом процессе послепожарного отпада деревьев (в процентах от общего запаса) в качестве определяющих факторов выбраны: мерзлотный пояс, в пределах каждого из поясов — группа типов леса, в пределах последней — интенсивность пожара и в пределах каждой градации интенсивности — древостои различного среднего диаметра (табл. 1). Послепожарное возобновление учтено по первым трем факторам.

Закладка и описание пробных площадей на выбранных участках (рис. 1), таксация древостоев, учет возобновления, наблюдения за особенностями распространения и развития пожаров и за параметрами их кромок выполнены на основе общеизвестных методических указаний и методик [3, 4, 6]. Интенсивность пожара устанавливали по средней высоте нагара на стволах деревьев: до 1,0 м — низкая; от 1,1 до 2,0 м — средняя; более 2,0 м — высокая. Число лет, прошедших со времени пожара, определяли по образцам, выпиленным из стволов на середине пожарных подсушин. На пробной площади учитывали и обследовали деревья всех пород, но поскольку реакция разных пород на один и тот же пожар различна, то для обеспечения сопоставимости вариантов в расчет прогностической модели включали данные только по отпаду лиственницы.

Математическое моделирование — основной метод реализации системного подхода в лесоводственных исследованиях. Одно из ограничений, предъявляемых к многофакторным регрессионным моделям, — мультиколлинеарность факторов, которой в нашем примере удалось избежать: все четыре фактора ортогональны, т. е. действуют независимо один от другого и представлены в максимальном диапазоне варьиро-

Таблица 1  
 Распределение пробных площадей, заложенных при исследовании закономерностей  
 постепожарного отпада и возобновления лиственницы, по определяющим факторам

Мерзлотный пояс	Группа типов леса												Итого
	лишайниковая			зеленомошная			кустарничково-моховая			сфагновая			
	низкая	средняя	высокая	низкая	средняя	высокая	низкая	средняя	высокая	низкая	средняя	высокая	
Северный	5	2	5	5	3	5	4	6	6	4	2	4	47
	12...16	14...16	10...18	14...22	20...22	10...22	10...14	10...14	10...14	10...14	6...7	8...10	
	4	6	3	9	11	6	7	11	7	2	2	3	
Средний	6	6	5	20	13	8	4	5	4	4	4	3	78
	10...22	10...18	12...20	12...26	12...28	10...26	10...26	10...26	8...24	9...10	9...10	10...14	
	6	6	5	20	13	8	4	5	4	4	4	3	
Южный	6	6	5	20	13	8	4	5	4	4	4	3	78
	12...24	12...24	12...24	6...26	6...26	12...28	8...24	8...24	10...22	8...16	8...14	8...14	
	6	6	5	20	13	8	4	5	4	4	4	3	
Итого	42			80			54			18			194
Северный	2	2	—	2	2	4	1	3	3	—	—	2	21
	1	2	1	3	5	2	1	4	4	1	1	1	
	1	3	3	5	5	3	3	3	3	—	—	1	
Итого	15			31			25			5			76

Примечание. В числителе — число пробных площадей; в знаменателе — диапазон средних диаметров древостоев, см.

вания каждого. Другое ограничение касается степени формализуемости исследуемых факторов. Ю. П. Адлер с соавторами [1] полагают, что «в ряде случаев граница между понятием качественного и количественного фактора весьма условна» (с. 48). Можно и интенсивность пожара выразить через высоту нагара на стволах, и мерзлотный пояс квантифицировать температурой и мощностью мерзлого слоя, но будут



ли такие оценки более точными и информативными? Набор типов леса от лишайниковой до сфагновой группы представляет экологический ряд, элементы которого нельзя произвольным образом поменять местами, а можно лишь сменить порядок на обратный. Во всех случаях мы имеем дело с типичными порядковыми переменными, которые широко применяются в лесоводстве (класс Крафта, разряд высот, класс бонитета), в том числе в процедуре многомерного регрессионного анализа [7, 9].

Регрессионные модели, отражающие зависимость послепожарного отпада и возобновления от названных факторов, могут играть роль прогностических, но без учета фактора времени или лага прогноза: имеются в виду конечные значения отпада и возобновления спустя 7-8 лет после пожара. Структура регрессионных моделей для послепожарного отпада и возобновления получена на основе содержательного анализа массива экспериментальных данных методом последовательного сокращения размерности [8]. В итоге для отпада получена регрессионная модель

$$\begin{aligned} \ln y_1 = & -7,3319 + 4,964 \ln x_1 + 2,2298 \ln x_2 + 6,535 \ln x_3 - \\ & - 2,8096 \ln x_4 - 0,7232 \ln^2 x_1 + 0,4896 \ln^2 x_1 \ln x_3 - \\ & - 3,3059 \ln x_1 \ln x_3 - 0,636 \ln x_2 \ln x_3 - 0,2229 \ln x_3 \ln x_4 + \\ & + 0,5407 \ln x_1 \ln x_3 \ln x_4 - 0,071 \ln^2 x_1 \ln x_3 \ln x_4; \quad R^2 = 0,938, \quad (1) \end{aligned}$$

где  $y_1$  — процент отпада деревьев;  
 $x_1$  — группа типов леса, с кодированием: лишайниковая — 10, зеленомошная — 20, кустарничково-моховая — 30, сфагновая — 40;  
 $x_2$  — мерзлотный пояс, с кодированием: южный — 10, средний — 20, северный — 30;  
 $x_3$  — интенсивность пожара, с кодированием: низкая — 10, средняя — 20, высокая — 30;  
 $x_4$  — ступень среднего диаметра древостоя, см.

Средняя квадратичная ошибка уравнения  $\pm 19\%$ . Наглядное представление об адекватности модели (1) дает рис. 2.

Для послепожарного возобновления по каждому мерзлотному поясу получены регрессионные модели

$$\begin{aligned} y_2 = & a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_1^2 + a_3 x_1^3 + a_4 x_3 + a_5 x_3^2 + a_6 x_3^3 + \\ & + a_7 x_1 x_3 + \dots + a_{14} x_1^2 x_3^3 + a_{15} x_1^3 x_3^3, \quad (2) \end{aligned}$$

где  $y_2$  — численность возобновления, тыс. экз./га;  
 $x_1$  и  $x_3$  — то же, что в уравнении (1).

Для приведения размерностей  $x$  и  $y$  к одному порядку значения переменных  $x_1$  и  $x_3$  в уравнении (2) уменьшены в 10 раз, т. е. приняты натуральные ряды чисел 1, 2, 3, 4. Модели (1) и (2) действительны в диапазоне значений факторов, приведенных в табл. 1. Характеристика моделей (2) дана в табл. 2.

Процент отпада закономерно увеличивается по мере снижения среднего диаметра древостоя, независимо от уровня прочих факторов (рис. 2).

По мере роста интенсивности пожара при прочих равных условиях все большая часть крупных деревьев уходит в отпад, и древостой разного среднего диаметра все более выравниваются в своей неспособности противостоять воздействию огня (снижаются углы наклона линий регрессии).

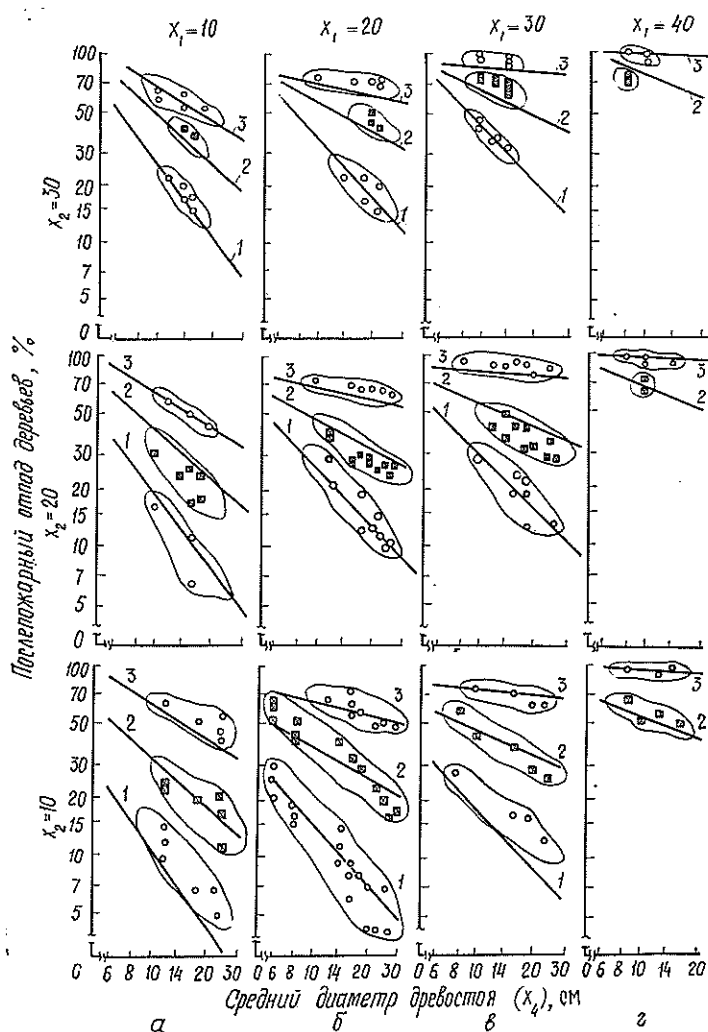


Рис. 2. Зависимость отпада деревьев от среднего диаметра древостоев по мерзлотным поясам: южный ( $x_2 = 10$ ), средний ( $x_2 = 20$ ) и северный ( $x_2 = 30$ ) и по группам типов леса: лишайниковая (а), зеленомошная (б), кустарничково-моховая (в) и сфагновая (г); 1, 2, 3 — интенсивность пожара соответственно низкая, средняя и высокая

При переходе от лишайниковой к сфагновой группе типов леса происходит аналогичный процесс: чем выше влагообеспеченность местообитания, тем больше отпад и тем сильнее сглаживаются различия в отпаде деревьев древостоев разного среднего диаметра. Однако причина здесь иная: в пределах одного мерзлотного пояса по мере роста влагообеспеченности местообитания повышается уровень мерзлого горизонта, корневая система становится все более поверхностной и менее защищенной от огня. Увеличение отпада по мере перехода от южного мерзлотного пояса к северному при прочих равных условиях объясняется той же причиной, что и при росте влагообеспеченности: с увеличением мощности мерзлотного слоя, но при неизменной влагообеспеченности, повышается уровень залегания мерзлого горизонта с известными сопутствующими эффектами.

Таблица 2  
 Параметры уравнения (2)

Константы при независимых переменных	Мерзлотный пояс		
	северный	средний	южный
$a_0$	9,71	18,94	28,66
$a_1(x_1)$	-10,29	-16,49	-40,52
$a_2(x_1^2)$	1,92	2,85	15,13
$a_3(x_1^3)$	—	—	-1,71
$a_4(x_3)$	-88,06	13,47	—
$a_5(x_3^2)$	25,18	-21,33	-18,12
$a_6(x_3^3)$	—	1,64	1,22
$a_7(x_1x_3)$	135,16	-16,82	19,21
$a_8(x_1x_3^2)$	-39,01	32,05	20,57
$a_9(x_1^2x_3)$	15,50	-15,60	-8,25
$a_{10}(x_1^3x_3)$	-1,83	2,21	1,05
$a_{11}(x_1^2x_3^2)$	-53,17	13,34	-6,50
$a_{12}(x_1^3x_3^2)$	6,27	-2,44	0,45
$a_{13}(x_1^2x_3^3)$	—	-2,57	-1,51
$a_{14}(x_1^3x_3^3)$	—	1,23	0,61
$a_{15}(x_1^3x_3^3)$	—	-0,17	-0,076
$R^2$	0,939	0,978	0,976
Средняя квадратичная ошибка, %	36,0	30,5	32,3

При переходе от южного мерзлотного пояса к северному сокращение числа жизнеспособных деревьев снижает возможности обсеменения площадей, и возобновление падает. Этот процесс усиливается тем, что при расположении мерзлого горизонта близко к поверхности сгорание теплоизоляционного слоя напочвенного покрова и подстилки сопровождается интенсивным прогревом почвы, таянием частиц льда в ней и сокращением или прекращением потребления влаги частично или полностью отмершим древостоем. Это вызывает заболачивание, приводящее к гибели появившегося подроста. В пределах мерзлотного пояса максимум возобновления приходится на зеленомошники, которым соответствует оптимальное лесорастительных условий (рис. 3). При переходе от них к сфагновой группе на закономерность увеличения отпада накладывается уже упомянутый процесс прогрессирующего послепожарного заболачивания, и возобновление резко снижается. В направлении от зеленомошной группы типов леса к лишайниковой снижение возобновления связано не с отпадом деревьев, а с легким механическим составом почв, верхние горизонты которых после пожаров иссушаются и обедняются элементами питания.

В зеленомошных и кустарничково-моховых типах леса южного мерзлотного пояса пик количества подроста приходится на древостой после пожаров высокой интенсивности, в значительной мере устраняющих конкуренцию древостоя за влагу и элементы питания и уничтожающих нижние ярусы и подстилку, препятствующие появлению и развитию семян. В лишайниковой группе этого же пояса пик возобновления приходится на древостой после пожаров средней и низкой интенсивности, в достаточной мере выжигающих напочвенный покров и вызывающих отпад 15...25 % деревьев. При переходе к среднему

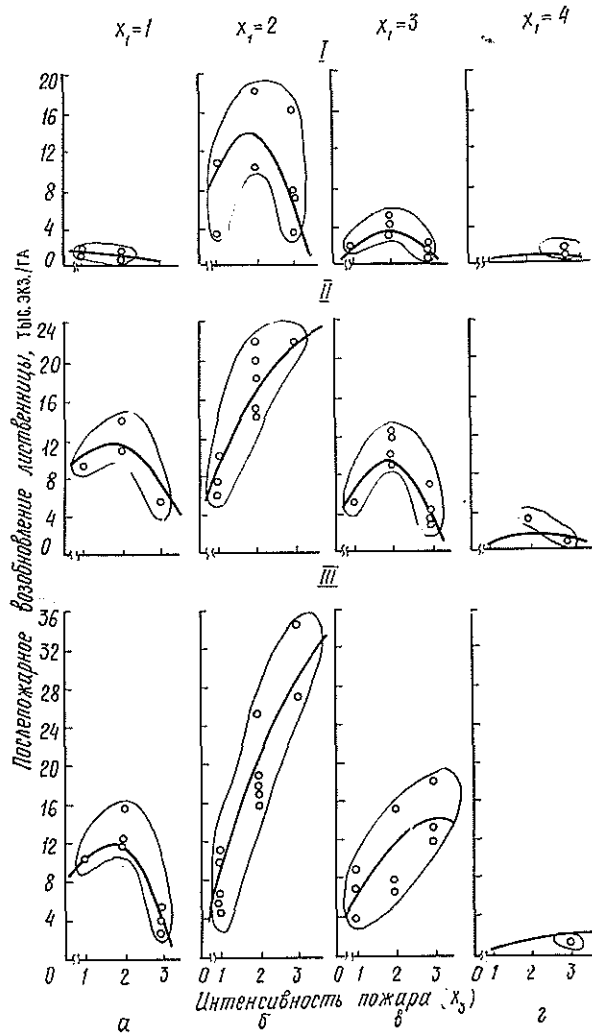


Рис. 3. Зависимость количества послепожарного подроста лиственницы от интенсивности пожара  $x_2$  (1 — низкая, 2 — средняя, 3 — высокая) и группы типов леса  $x_1$  (а — лишайниковая, б — зеленомошная, в — кустарничково-моховая, г — сфагновая) по мерзлотным поясам; I — северный, II — средний, III — южный

мерзлотному поясу в кустарничково-моховой группе типов леса пик возобновления смещается от пожаров высокой к пожарам средней интенсивности, поскольку большая минерализация почвы после сильных пожаров, близкий уровень залегания мерзлоты и заболачивание не вызывают увеличения количества послепожарного подроста, как это было в южном поясе. В северном мерзлотном поясе влияние названных факторов усиливается, в результате даже в зеленомошниках пик возобновления смещается от пожаров высокой к пожарам средней интенсивности при более низком уровне возобновления во всех группах типов леса в сравнении со средним и южным поясами.

Полученные регрессионные модели дают возможность прогнозировать конечные значения послепожарного отпада и возобновления с целью оценки ущерба от пожаров и перспектив восстановительной динамики лишайничников на многолетней мерзлоте.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Адлер Ю. П., Маркова Е. В., Грановский Ю. В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий.— М.: Наука, 1976.— 279 с. [2]. Кондратьева К. А., Кудрявцев В. А. Карта геокриологического районирования СССР.— М.: МГУ, 1977. [3]. Курбатский Н. П. Пожары тайги, закономерности их возникновения и развития: Дис... докт. с.-х. наук.— Красноярск: Ин-т леса и древесины СО АН СССР, 1964.— 600 с. [4]. Мелехов И. С. Влияние пожаров на лес.— М.: Гослестехиздат, 1948.— 124 с. [5]. Поздняков Л. К. Даурская лиственница.— М.: Наука, 1975.— 312 с. [6]. Сукачев В. Н., Зонн С. В. Методические указания по изучению типов леса.— М.: АН СССР, 1961.— 144 с. [7]. Тябер А. П. Принципы исследований строения древостоев по толщине деревьев // Лесн. журн.— 1980.— № 1.— С. 5—9.— (Изв. высш. учеб. заведений). [8]. Усольцев В. А. Моделирование структуры и динамики фитомассы древостоев.— Красноярск: Краснояр. ун-т, 1985.— 191 с. [9]. Яновский Л. Н., Моисеев В. С. Лесная таксация: Методические указания по учету древесной зелени.— Л.: ЛТА, 1985.— 39 с.

Поступила 8 июня 1989 г.

УДК 631.311.51

### ОБОСНОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНОГО ТИПА РАБОЧЕГО ОРГАНА ДЛЯ ЛЕСОМЕЛИОРАТИВНОГО КАНАЛОКОПАТЕЛЯ

В. А. ЯКИМЧУК, В. В. ГОНЧАРОВ

ЛенНИИЛХ

Для прокладки осушительных каналов глубиной от 0,8 до 2 м как в нашей стране, так и за рубежом широкое применение нашли каналокопатели с двухфрезерными рабочими органами.

В СССР наиболее распространены двухфрезерные рабочие органы с плоскими фрезами. Такую конструкцию имеют рабочие органы каналокопателей ЭТР-125А, ЭТР-153, ЭТР-172 и др. Эти фрезы прорезают щели вдоль откосов канала, а клиновидный отвал, расположенный между фрезами, и рушители, установленные на фрезях, обрушивают центральную призму грунта на плоскость фрез. Такие рабочие органы имеют недостатки. Неравномерное обрушение грунта вызывает большие динамические нагрузки в трансмиссии каналокопателя. Клиновидный отвал, являясь пассивным элементом рабочего органа, создает соответствующее тяговое сопротивление. Этот рабочий орган неспособен разрабатывать древесные включения, что приводит к необходимости предварительной корчевки пней на трассе. Этот недостаток особенно сказывается при прокладке каналов в лесоболотных условиях, поскольку здесь наблюдается как большое количество пней, так и наличие грунта с низкой несущей способностью.

Указанные недостатки рабочих органов с плоскими фрезами могут быть устранены при использовании объемных фрез, которые разрабатывают грунт по всему сечению канала без обрушения, древесные включения разрабатываются одновременно с грунтом. Однако энергоемкость фрезерования грунта плоскими фрезами ниже, благодаря использованию эффекта обрушения [1—3].

При проведении теоретического анализа энергоемкости фрезерования грунта были сделаны следующие допущения:

- 1) грунт по всему сечению канала однороден;

- 2) удельное сопротивление грунта резанию постоянно;
- 3) для плоской фрезы весь грунт вначале падает на плоскость фрезы, а затем выносятся из канала;
- 4) для объемной фрезы весь грунт фрезеруется без обрушения;
- 5) отбрасывание грунта происходит в момент его выноса из канала;
- 6) фрезы работают с постоянной угловой скоростью вращения  $\omega$ .

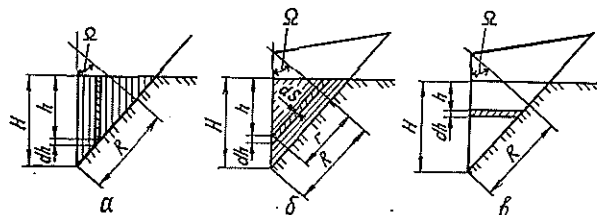


Рис. 1. Расчетные схемы: а — для плоской фрезы; б, в — для объемной фрезы

Расчетные схемы показаны на рис. 1, где сделаны следующие обозначения:  $R$  — радиус фрезы у основания;  $H$  — глубина канала;  $\Omega$  — угол между осью вращения фрезы и вертикалью.

Энергоемкость фрезерования грунта плоской и объемной фрезами определяют по формулам

$$q_{п} = q_{п1} + q_{п2} + q_{п3} + q_{п4}; \quad (1)$$

$$q_{о} = q_{о1} + q_{о2} + q_{о3} + q_{о4}; \quad (2)$$

где  $q_{п1}$  — энергоемкость резания и разрыхления грунта плоской фрезой;  
 $q_{о1}$  — энергоемкость резания грунта объемной фрезой;  
 $q_{п2}, q_{о2}$  — энергоемкость разгона грунта до скорости выброса;  
 $q_{п3}, q_{о3}$  — энергоемкость трения грунта о грунт забоя;  
 $q_{п4}, q_{о4}$  — энергоемкость подъема грунта из забоя.

Энергоемкость процесса определяют по формуле

$$q = \frac{N}{P} = \frac{N}{Fv_{п}}, \quad (3)$$

где  $N$  — необходимая мощность;  
 $P$  — производительность фрезы;  
 $F$  — площадь поперечного сечения разрабатываемого фрезой канала;  
 $v_{п}$  — скорость поступательного движения рабочего органа.

Мощность на резание и разрыхление грунта плоской фрезой

$$N_{п1} = kFv_{п}p + k_{р}Fv_{п}(1 - p), \quad (4)$$

где  $k$  — удельное сопротивление грунта резанию;  
 $p$  — отношение площади поперечного сечения канала, разрабатываемого резаками, ко всей его площади;  
 $k_{р}$  — удельное сопротивление грунта разрыхлению.

Учитывая, что  $k_{р} = (0,2 \dots 0,5) k$ , получим:

$$N_{п1} = kPp + 0,2kP(1 - p) = kP(0,8p + 0,2), \quad (5)$$

тогда

$$q_{п1} = k(0,8p + 0,2). \quad (6)$$

Для объемной фрезы  $p = 1$ , следовательно,

$$q_{01} = k. \quad (7)$$

Очевидно, что энергоемкость резания и разрыхления грунта плоской фрезой меньше энергоемкости резания грунта объемной фрезой в  $1/(0,8p + 0,2)$  раза, для  $p = 0,25$  — в 2,5 раза.

Мощность на разгон грунта плоской фрезой до скорости выброса в соответствии с работой [3]

$$N_{n2} = \frac{\gamma_0}{g} P \omega^2 R^2, \quad (8)$$

где  $\gamma_0$  — плотность грунта,  
тогда

$$q_{n2} = \frac{\gamma_0}{g} \omega^2 R^2. \quad (9)$$

В соответствии с рис. 1, б

$$dN_{o2} = \frac{\gamma_0}{g} v_n \omega^2 r^2 dF, \quad (10)$$

где

$$dF = \frac{h}{\sin \Omega} dS = \operatorname{ctg} \Omega h dh. \quad (11)$$

Значение радиуса  $r$  выразим формулой

$$r = R - (H - h) \sin \Omega. \quad (12)$$

Подставляя  $dF$  и  $r$  в выражение (10) и интегрируя, находим:

$$N_{o2} = \frac{\gamma_0}{g} v_n \omega^2 \operatorname{ctg} \Omega \left( \frac{1}{2} R^2 H^2 - \frac{1}{3} R H^3 \sin \Omega + \frac{1}{12} H^4 \sin^2 \Omega \right). \quad (13)$$

Значение площади сечения канала определим по формуле

$$F = \frac{1}{2} H^2 \operatorname{ctg} \Omega, \quad (14)$$

тогда

$$q_{o2} = \frac{\gamma_0}{g} \omega^2 \left( R^2 - \frac{2}{3} R H \sin \Omega + \frac{1}{6} H^2 \sin^2 \Omega \right). \quad (15)$$

Сила трения грунта о грунт забоя

$$F_{\text{тр}} = \mu_2 m_1 \omega^2 r, \quad (16)$$

где  $\mu_2$  — коэффициент трения грунта о грунт;  
 $m_1$  — масса грунта, находящегося на метательных элементах фрезы.

Значение массы  $m_1$  определим по формуле

$$m_1 = \frac{\gamma_0}{g} \frac{F v_{\text{п}}}{n} k_{\text{к}} = 2\pi \frac{\gamma_0}{g} \frac{F v_{\text{п}}}{\omega} k_{\text{к}}, \quad (17)$$

где  $k_{\text{к}}$  — коэффициент, учитывающий, какая часть фрезы находится в контакте с грунтом в забое;  
 $n$  — частота вращения фрезы.

Мощность на трение грунта о грунт забоя

$$N_3 = F_{\text{тр}} v_{\text{ок}} = \mu_2 \frac{\gamma_0}{g} 2\pi F v_{\text{п}} k_{\text{к}} \omega^2 r^2, \quad (18)$$

где  $v_{\text{ок}}$  — окружная скорость движения грунта по поверхности забоя.

Плоская фреза всю массу грунта выносит из забоя на радиусе  $r = R$ , поэтому мощность

$$N_{пз} = \mu_2 \frac{\gamma_0}{g} 2\pi v_n k_k \omega^2 R^2, \quad (19)$$

а энергоемкость

$$q_{пз} = \mu_2 \frac{\gamma_0}{g} 2\pi k_k \omega^2 R^2. \quad (20)$$

Для объемной фрезы в соответствии с рис. 1, б

$$dN_{оз,г} = \mu_2 \frac{\gamma_0}{g} 2\pi v_n k_k \omega^2 r^2 dF. \quad (21)$$

Подставляя значения  $dF$  и  $r$  в выражение (21) и интегрируя, получаем:

$$N_{оз} = \mu_2 \frac{\gamma_0}{g} 2\pi v_n k_k \omega^2 \operatorname{ctg} \Omega \left( \frac{1}{2} R^2 H^2 - \frac{1}{3} R H^3 \sin \Omega + \frac{1}{12} H^4 \sin^2 \Omega \right). \quad (22)$$

Тогда

$$q_{оз} = \mu_2 \frac{\gamma_0}{g} 2\pi k_k \omega^2 \left( R^2 - \frac{2}{3} R H \sin \Omega + \frac{1}{6} H^2 \sin^2 \Omega \right). \quad (23)$$

Работа, затраченная на подъем грунта из забоя, равна потенциальной энергии, приобретенной этим грунтом при подъеме:

$$A_4 = mgh, \quad (24)$$

тогда

$$dA = dmgh' = \gamma_0 h F v_n dt. \quad (25)$$

Мощность на подъем грунта из забоя

$$dN_4 = \gamma_0 h v_n dF. \quad (26)$$

В соответствии с рис. 1, а

$$dF = h dh \operatorname{ctg} \Omega. \quad (27)$$

Подставляя значение  $dF$  в выражение (26) и интегрируя, получаем:

$$N_{п4} = \frac{1}{3} \gamma_0 v_n \operatorname{ctg} \Omega H^3, \quad (28)$$

а энергоемкость

$$q_{п4} = \frac{2}{3} \gamma_0 H. \quad (29)$$

Объемная фреза выносит грунт из забоя без его обрушения в соответствии с рис. 1, в

$$dF = (H - h) \operatorname{ctg} \Omega dh. \quad (30)$$

Подставляя это значение в выражение (26) и интегрируя, получим:

$$N_{о4} = \frac{1}{6} \gamma_0 v_n \operatorname{ctg} \Omega H^3, \quad (31)$$

а

$$q_{о4} = \frac{1}{3} \gamma_0 H. \quad (32)$$

Очевидно, что энергоемкость подъема грунта плоской фрезой в 2 раза выше, чем объемной. Суммарная энергоемкость фрезирования грунта плоской и объемной фрезами

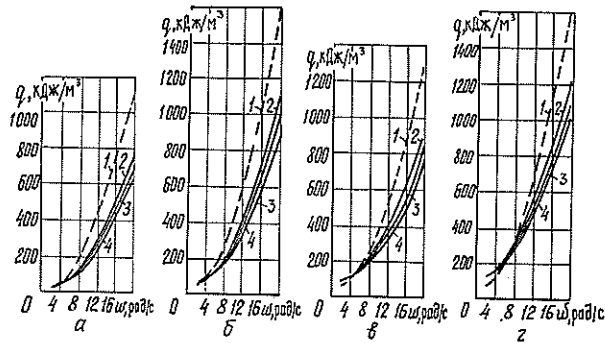
$$q_n = k(0,8p + 0,2) + \frac{\gamma_0}{g} \omega^2 R^2 (1 + \mu_2 2\pi k_k) + \frac{2}{3} \gamma_0 H; \quad (33)$$



$$q_0 = k + \frac{\gamma_0}{g} \omega^2 \left( R^2 - \frac{2}{3} RH \sin \Omega + \frac{1}{6} H^2 \sin^2 \Omega \right) \left( 1 + \mu_2 2\pi k_k \right) + \frac{1}{3} \gamma_0 H. \quad (34)$$

На рис. 2 показаны зависимости энергоемкости фрезерования грунта от угловой скорости вращения для плоской и объемных фрез с радиусом  $R = 1$  м и коэффициентом  $k_k = 0,35$  при прокладке канала глубиной  $H = 1$  м на торфяном и минеральном грунтах I, II и III категории.

Рис. 2. Зависимость энергоемкости фрезерования грунта от угловой скорости вращения фрез: а — для торфяного грунта; б, в, г — для минерального грунта соответственно I, II и III категории; 1 — для плоской фрезы; 2, 3, 4 — для объемных фрез соответственно  $\Omega = 35^\circ$ ,  $\Omega = 40^\circ$ ,  $\Omega = 55^\circ$



Характеристики свойств грунтов сведены в таблицу.

Тип грунта	$\mu_2$	$k_k$ Н/м <sup>2</sup>	$\gamma_0$ Н/м <sup>3</sup>
Торфяной	0,7	17 920	11 000
Супесь I категории	0,58	16 608	18 000
Суглинок II »	0,34	57 798	18 000
» III »	0,46	120 412	20 000

Удельное сопротивление грунта резанию определяли в соответствии с работой [4] для острых резцов, без учета их трения о грунт.

Теоретический анализ позволяет сделать следующие выводы.

По способу разработки грунта объемные фрезы не являются более энергоемкими, чем плоские, энергоемкость фрезерования грунта зависит от параметров фрез и режимов их работы.

Плоские фрезы имеют меньшую энергоемкость резания и разрыхления грунта, однако при равных режимах работы объемные фрезы расходуют меньше энергии на разгон грунта, трение его о грунт забоя и подъем из забоя.

При одинаковых режимах работы на слабых грунтах объемные фрезы имеют большее значение энергоемкости фрезерования грунта по сравнению с плоскими фрезами.

Таким образом, для прокладки осушительных каналов глубиной от 0,8 до 2 м в лесоболотных условиях наиболее рациональным является двухфрезерный рабочий орган с объемными фрезами.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Гарбузов З. Е., Барановская В. И. Проектирование каналостроительных машин.—М.: Машиностроение, 1984.—136 с. [2]. Ламин В. И. Каналокопатели, выпускаемые в СССР и за рубежом: Обзор.—М.: ЦНИИТЭстроймаш, 1970.—56 с. [3]. Мащенко А. А. Энергонасыщенные машины в мелиорации.—Минск: Наука и техника, 1985.—288 с. [4]. Фомичев В. П. Методика расчета оптимальных режимов работы траншейных экскаваторов.—Ростов-на-Дону: Ростов. инж.-строит. ин-т, 1971.—118 с.

Поступила 30 ноября 1987 г.

УДК 630\*5 : 630\*2

## ЦЕЛЕВОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛИПНЯКОВ

П. А. СОКОЛОВ

Марийский политехнический институт

В силу биологических особенностей липа, представляющая большую ценность как медонос, служит объектом получения продуктов пчеловодства, древесины и луба. Невозможно создать насаждения, отвечающие требованиям максимального получения одновременно всех этих продуктов. Даже по отношению к ствольной древесине не существует оптимальной густоты, обеспечивающей во всех возрастах липняков наивысший текущий прирост древесины и самое высокое ее качество. Тем более, не согласуются цели хозяйства для получения продуктов пчеловодства и выращивания древесины высокого качества. В первом случае преследуется цель формирования хорошо развитых крон деревьев, через которые проникали бы солнечные лучи, что создает условия максимальной нектаропродуктивности; во втором — быстрое очищение от сучьев и формирование полнодревесных стволов. Следовательно, цели и пути их достижения различны в древостоях этих двух категорий, и речь должна идти о способах формирования оптимальных древостоев двух специализированных секций хозяйства: нектарной и товарной, так как разные цели требуют и разного подхода к их решению.

Для конкретных почвенно-климатических условий липняки нектарной секции должны отвечать требованиям максимальной нектаровыделительной способности, обладать устойчивостью против неблагоприятных внешних факторов, наилучшим образом выполнять водоохранно-защитные и санитарно-гигиенические функции.

Основное назначение липняков товарной секции, помимо водоохранно-защитных и санитарно-гигиенических функций, — в получении древесины определенных размеров и качества в соответствии с потребностями народного хозяйства и с учетом не только сегодняшнего спроса, но и отдаленной перспективы.

Условия формирования древостоев, обуславливающих целевое назначение, различны. Рабочей гипотезой при обосновании оптимальной полноты липняков нектарной секции послужило общепринятое положение, что наиболее активные физиологические процессы в древесном ярусе насаждений происходят при максимуме фитомассы живой листвы деревьев. В этих условиях наиболее активно протекают фотосинтез, транспирация, поглощение и задержание кроной атмосферных осадков. Это, в свою очередь, создает благоприятные условия для образования цветочных почек и усиления нектаровыделения в период цветения.

Насаждение — это саморегулирующая система. Саморегуляция происходит, с одной стороны, при уменьшении числа деревьев на единице площади, с другой, при увеличении размеров крон (их относительной протяженности по стволу и горизонтальной проекции), а в конечном счете — в результате увеличения фитомассы. До определенного возраста древостоев размеры кроны не компенсируются увеличением числа деревьев для достижения максимума фитомассы листвы на единице площади. Оптимальная же полнота обеспечивает этот максимум.

Дальнейшее изреживание древостоев в силу антропогенного фактора или из-за неблагоприятных внешних условий приводит к уменьшению общей фитомассы листвы древостоя, хотя у отдельных деревьев различных категорий роста и развития она может и возрастать. Следовательно, древостой как основная часть фитоценоза в данных лесорастительных условиях уже не полностью использует потенциальное плодородие почвы, в силу чего снижаются его физиологические функции, в том числе и нектаропродуктивность. Содействовать рубками ухода созданию оптимальной полноты — основная задача в формировании и создании древостоев нектарной секции.

Для разработки моделей таких древостоев были использованы зависимости фитомассы листвы и цветков липы от возраста и полноты [2, 3].

При формировании состава древесных пород нектарной секции за основу принято только их целевое назначение, т. е. способность к нектаровыделению.

В таблице приведены основные параметры древостоев (состав 10 Лп) нектарной секции, которые в данных лесорастительных условиях наилучшим образом соответствуют целям хозяйства — получению максимального количества продуктов пчеловодства с единицы площади.

**Оптимальные показатели формирования порослевых липняков нектарной секции. Тип условий местопрорастания С<sub>3</sub>, класс бонитета II**

Возраст, лет	Таксационные показатели						
	элемента леса			яруса			
	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Элементарный запас, м <sup>3</sup>	Полнота		Запас, м <sup>3</sup>	Число стволов, шт.
				абсолютная, м <sup>2</sup>	относительная		
10	5,6	4,8	3,23	15,2	0,79	49	8 400
20	10,3	9,2	5,11	21,9	0,78	112	3 290
30	14,1	13,1	6,73	25,6	0,76	172	1 900
40	17,1	16,6	7,78	27,8	0,75	216	1 290
50	19,5	19,8	8,86	29,2	0,71	259	950
60	21,4	22,7	9,55	30,2	0,70	288	750
70	22,8	25,3	10,00	30,9	0,69	309	620
80	23,8	27,6	10,30	31,2	0,68	321	520
90	24,5	29,8	10,47	31,3	0,66	328	450
100	25,0	31,8	10,60	31,3	0,65	332	390
110	25,4	33,7	10,70	31,2	0,64	334	350
120	25,8	35,6	10,80	31,0	0,63	335	310

Для древостоев товарной секции полнота, оптимальная для нектаропродуктивности, не может служить основанием при их формировании. Для выращивания стволовой древесины такая полнота — скорее ее нижний предел. Критерий оптимальности в этом случае иной. Многие отечественные и зарубежные исследователи склонны считать оптимальными такие древостои, которые во все возрастные периоды жизни обеспечивают максимальный текущий прирост запаса стволовой древесины. С точки зрения общей продуктивности наличного запаса наиболее совершенны сомкнутые древостои нормальных насаждений, показанные в опытных таблицах хода роста.

Но ставить целью хозяйства выращивание в данных условиях максимального запаса без учета влияния полноты на сортиментно-сортную структуру вряд ли целесообразно. Основными моментами, определяющими ценность древесины, являются ее размеры и сортность, которая находится в прямой зависимости от состояния древостоев.

Основные сортоопределяющие пороки: гниль, грибные ядровые пятна (полосы) и кривизна,— мало зависят от полноты [1]. Следовательно, главным критерием зависимости стоимости древесины от полноты являются ее размеры, которые в конечном счете определяются средним диаметром древостоя. Последний, в свою очередь, есть функция полноты, регулируемой промежуточными рубками.

Режим рубок ухода в товарной секции должен определяться двумя предпосылками:

1) интенсивностью хозяйства, предиктованного экономическими условиями данного района и географическим положением лесных массивов;

2) сортиментно-сортной структурой наличного древостоя в момент рубок главного пользования. Последнее обстоятельство в большей степени будет обуславливаться спросом на древесину тех или иных сортиментов в отдаленной перспективе.

При формировании состава основное внимание следует уделять хозяйственной ценности пород, устойчивости древостоев против неблагоприятных внешних факторов и обеспечению естественного возобновления при данных почвенно-климатических и лесоводственных условиях.

В силу преимуществ состояния семенных липняков товарной секции по сравнению с порослевыми первые следует рассматривать как эталонные.

Необходимо четко разграничивать целевое назначение наиболее распространенных порослевых древостоев. Главная функция липняков нектарной секции — получение максимально возможного в данных условиях количества продуктов пчеловодства с единицы площади. Создание оптимальной полноты таких древостоев предусматривает проведение интенсивных рубок ухода. Необходимым условием является постепенное снижение полноты по сравнению с максимально возможной до 40 %. Размер промежуточного пользования в этом случае больше, чем в липняках товарной секции. Данное обстоятельство в сочетании с целевой направленностью липняков нектарной секции обуславливает создание ее в лесодефицитных районах, а в силу меньшей ценности древесины порослевых липняков нектарную секцию целесообразно создавать в этой категории древостоев. Состояние липняков нектарной секции к возрасту спелости должно обуславливать формирование новых древостоев после их рубки. Выращивание на этих площадях порослевых липняков может привести к их деградации в будущем. Поэтому основной целью улучшения качественного состояния древостоев будущего является перевод их в высокоствольные.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Соколов П. А. Состояние и теоретические основы формирования липняков.— Йошкар-Ола: Маркнигоиздат, 1978.— 208 с. [2]. Соколов П. А. Методика выявления оптимальной полноты липняков нектарной хозяйственной секции // Раст. ресурсы.— 1983.— Т. 19, вып. 3.— С. 387—393. [3]. Соколов П. А., Билич Г. Л., Журавлева Г. Г. Урожайность цветков *Tilia cordata* Mill. и фармакологическая активность извлечений из них (Марийская АССР) // Раст. ресурсы.— 1988.— Т. 24, вып. 2.— С. 192—198.

Поступила 21 ноября 1988 г.

## ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

УДК 629.114.3:531.1

### МЕТОДИКА ОЦЕНКИ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ТРОСОВОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЛЕСОВОЗНОГО АВТОПОЕЗДА

А. В. ЖУКОВ, О. В. ПЕТРОВИЧ, А. И. КИРИЛЬЧИК

Белорусский технологический институт

В лесной промышленности при вывозке древесины в хлыстах широко применяют автопоезда с тросовой крестообразной сцепкой (рис. 1). Длина дышла  $l_d$ , плечи  $a$  и  $b$ , углы установки плеч  $\gamma$  и  $\varphi$  относительно точек шарнирного крепления дышла к тягачу и прицепу-ропуску определяют кинематические характеристики данного механизма.

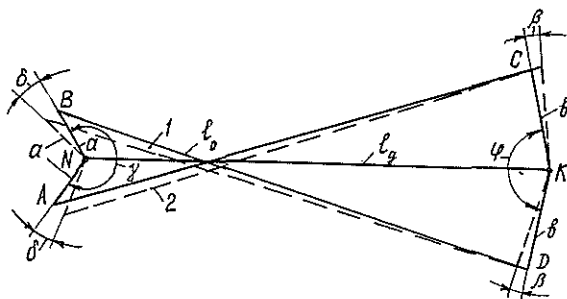


Рис. 1. Кинематическая схема крестообразной сцепки лесовозного автопоезда

Методики определения рациональных параметров системы управления лесовозного автопоезда изложены в работах [3, 5]. Авторы работы [5] тросы крестообразной сцепки рассматривают жесткими, в то время как последние представляют собой гибкие нити. Допущение о жесткости вносит погрешности в результаты расчета. Прежде всего, оно не дает возможности рассматривать такие особенности криволинейного движения, как возникновение неуправляемости прицепного звена автопоезда в момент смены рабочих ветвей тросового привода при выходе автопоезда из поворота. Вопрос о возникновении зон неуправляемости при движении автопоезда на повороте рассматривается в работе [3], однако связь между ведущими и ведомыми звеньями крестообразной сцепки определяется методом «условного удлинения» троса, когда положение прицепа-ропуски относительно дышла остается неизменным, что также является допущением, снижающим точность расчетов. В рассмотренных выше методиках [3, 5] не исследована работа системы управления при движении автопоезда на различных участках криволинейной траектории.

В данной статье оценка кинематических параметров тросовой системы управления произведена с учетом свойств гибких нитей [1]. Так как гибкая нить воспринимает только растягивающие нагрузки, тросовая крестообразная сцепка была представлена в виде двух симмет-

ричных относительно дышла четырехшарнирных механизмов *NACK* и *NBDK* (рис. 1), работающих при криволинейном движении автопоезда попеременно и в противофазах. Линия центров рассматриваемых механизмов проходит через точки крепления дышла *N* и *K*. Плечи *a* — ведущие звенья, плечи *b* — ведомые.

Принято допущение, что при работе четырехшарнирного механизма его звенья не деформируются, зазоры в шарнирах отсутствуют. Тогда  $l_p$  — расстояние между точками крепления рабочей ветви *l* тросовой системы управления автопоезда на повороте, будет соответствовать длине троса  $l_0$  при прямолинейном движении автопоезда:

$$l_p = l_0 = \sqrt{\left(l_d - a \cos \frac{\gamma}{2} - b \cos \frac{\gamma}{2}\right)^2 + \left(a \sin \frac{\gamma}{2} + b \sin \frac{\gamma}{2}\right)^2}. \quad (1)$$

Наибольших значений передний  $\delta$  и задний  $\beta$  углы складывания автопоезда достигают при минимальном радиусе поворота автопоезда

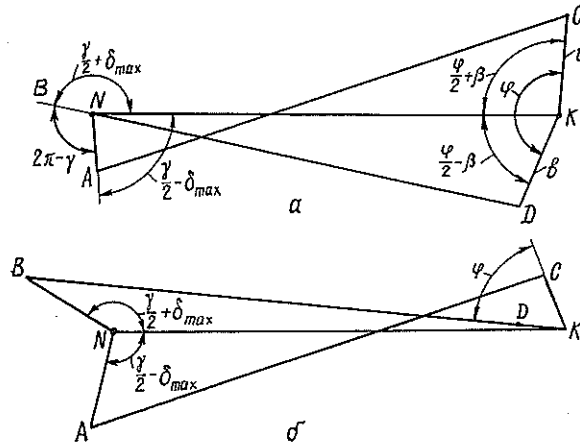


Рис. 2. Крайние положения звеньев системы управления:  $a - l_0 + b > l_d + a$ ;  $b - l_0 + b < l_d + a$

$\beta_{max} = f(R_{min})$ ,  $\delta_{max} = f(R_{min})$  [2]. Поэтому рассматриваемые шарнирные четырехзвенники должны обладать достаточной степенью свободы, обеспечивающей работоспособность системы управления при движении автопоезда по окружности с минимальным радиусом. Согласно свойствам шарнирного четырехзвенника [4], максимальные значения углов  $\beta$  и  $\delta$  в зависимости от размеров звеньев определяются при  $l_0 + b > l_d + a$  (рис. 2, а):

$$\beta'_{max} = \frac{\varphi}{2} - NKD; \quad \delta'_{max} = \pi - \frac{\gamma}{2} - KND,$$

$$\text{где } NKD = \arccos \frac{l_d^2 - b^2 - (l_0 - a)^2}{2l_d b}; \quad KND = \arccos \frac{(l_0 - a)^2 + l_d^2 - b^2}{2(l_0 - a)l_d}.$$

При соотношении  $l_0 + b < l_d + a$  (рис. 2, б):

$$\beta'_{max} = \frac{\varphi}{2} + BKN; \quad \delta'_{max} = BNK - \frac{\gamma}{2},$$

где

$$BKN = \arccos \frac{l_d^2 + (l_0 + b)^2 - a^2}{2l_d(l_0 + b)}; \quad BNK = \arccos \frac{l_d^2 + a^2 - (l_0 + b)^2}{2l_d a}.$$

Система управления работоспособна только в том случае, если будут выполняться условия  $\beta'_{max} > \beta_{max}$ ;  $\delta'_{max} > \delta_{max}$ .

Определим изменение угла  $\beta$  как функцию от  $\delta$ .

При прямолинейном движении автопоезда  $\delta = 0$ ;  $\beta = 0$ ;  $NKD = \frac{\varphi}{2}$ ;  $\frac{\varphi}{2} = BKD - DKN$  (рис. 1).

При криволинейном движении участки траектории можно разделить на три характерные группы [2]: входная траектория, круговая, выходная. Каждый поворот автопоезда при криволинейном движении является движением по выходной траектории относительно предыдущего участка.

Функциональная зависимость  $\beta = f(\delta)$  для автопоезда, находящегося на участке движения по входной траектории  $NKD = \frac{\varphi}{2} - \beta$  (рис. 1), имеет вид:

$$\beta = \frac{\varphi}{2} + BKN - BKD. \quad (2)$$

Значения углов  $BKN$  и  $BKD$  зависят от переднего угла складывания автопоезда и равны:

$$BKN = \arccos \frac{l_{BK}^2 + l_n^2 - a^2}{2l_{BK}l_n}; \quad BKD = \arccos \frac{l_{BK}^2 + b^2 - l_0^2}{2l_{BK}b},$$

где 
$$l_{BK} = \sqrt{a^2 + l_n^2 - 2al_n \cos\left(\frac{\gamma}{2} + \delta\right)}.$$

При движении автопоезда по выходной траектории значение угла  $\beta$  находят по формуле (рис. 1):

$$\beta = CKA - NKA - \frac{\gamma}{2}; \quad (3)$$

где 
$$CKA = \arccos \frac{b^2 + l_{AK}^2 - l_0^2}{2bl_{AK}}; \quad NKA = \arccos \frac{l_n^2 + l_{AK}^2 - a^2}{2l_n l_{AK}};$$

$$l_{AK} = \sqrt{a^2 + l_n^2 - 2al_n \cos\left(\frac{\gamma}{2} - \delta\right)}.$$

Зависимости (2) и (3) определяют связь между передним и задним углами складывания автопоезда при криволинейном движении.

В приведенной методике кинематику поворота автопоезда с крестообразной сцепкой рассматривали с учетом состояния нерабочей  $l_n$  ветви тросового привода.

При криволинейном движении автопоезда возможны следующие кинематические соотношения:

1)  $l_p < l_n$  — состояние кинематического несоответствия сцепки, т. е. когда нерабочая ветвь  $l_n$  препятствует повороту прицепа:

$$\Delta = l_p - l_n < 0, \quad (4)$$

где 
$$l_n = \sqrt{\left(l_n - a \cos\left(\frac{\gamma}{2} - \delta\right) - b \cos\left(\frac{\gamma}{2} + \beta\right)\right)^2 + \left(a \sin\left(\frac{\gamma}{2} - \delta\right) + b \sin\left(\frac{\gamma}{2} + \beta\right)\right)^2};$$

2)  $l_p > l_n$  — положение, при котором возникают зоны неуправляемости  $\psi$  прицепа в момент смены рабочих ветвей тросового привода при выходе автопоезда из поворота (рис. 3). Рабочей становится тяга 2, нерабочей тяга 1 (рис. 1).

$$\Delta = l_0 - l_n > 0. \quad (5)$$

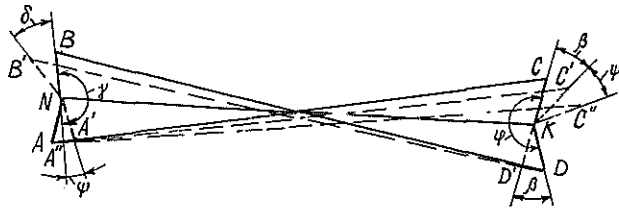


Рис. 3. Зона неуправляемости автопоезда  $\psi$  и угол проворачивания прицепного звена  $\psi'$  при криволинейном движении автопоезда

В результате несоответствия расстояний  $l_0$  и  $l_n$  между точками шарнирного крепления гибких тяг системы управления на тягаче и тележке (5) передний угол складывания автопоезда  $\delta$  уменьшится на некоторое значение  $\psi$  без изменения положения прицепа-роспуска относительно дышла (угол  $\beta = \text{const}$ ).

Определим зону неуправляемости  $\psi$  (рис. 3)

$$\psi = C'NA'' - C'NA', \quad (6)$$

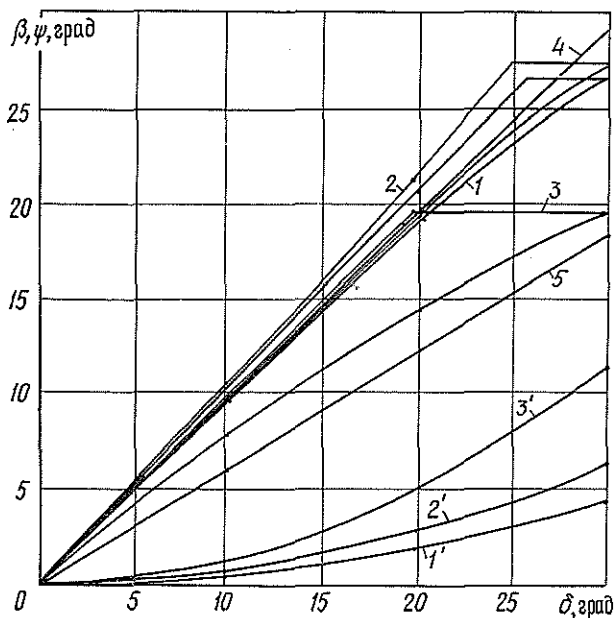


Рис. 4. Кинематические зависимости тросовой системы управления при движении автопоезда на повороте: 1, 1' — зависимости  $\beta = f(\delta)$  и  $\psi' = f(\delta)$  крестообразной сцепки лесовозного автопоезда МАЗ-509А + ГКБ-9383 ( $a = 0,96$  м;  $b = 0,96$  м;  $\gamma = 194^\circ$ ;  $\varphi = 154^\circ$ ;  $l_d = 10$  м); 2, 2' — зависимости  $\beta = f(\delta)$  и  $\psi' = f(\delta)$ , ( $a = 0,96$  м;  $b = 0,96$  м;  $\gamma = 180^\circ$ ;  $\varphi = 180^\circ$ ;  $l_d = 10$  м); 3, 3' — зависимости  $\beta = f(\delta)$  и  $\psi' = f(\delta)$ , ( $a = 0,96$  м;  $b = 0,96$  м;  $\gamma = 230^\circ$ ;  $\varphi = 180^\circ$ ;  $l_d = 10$  м); 4 — зависимость  $\beta = f(\delta)$ , ( $a = 0,6$  м;  $b = 0,96$  м;  $\gamma = 168^\circ$ ;  $\varphi = 157^\circ$ ;  $l_d = 10$  м); 5 — зависимость  $\beta = f(\delta)$ , ( $a = 0,96$  м;  $b = 0,96$  м;  $\gamma = 168^\circ$ ;  $\varphi = 157^\circ$ ;  $l_d = 10$  м)



где  $C'NA' = \arccos \frac{a^2 + l_{NC}^2 - l_n^2}{2al_{NC}}$ ;  $C'NA'' = \arccos \frac{a^2 + l_{NC}^2 - l_0^2}{2al_{NC}}$ ;

$$l_{NC} = \sqrt{l_n^2 + b^2 - 2l_n b \cos\left(\frac{\varphi}{2} + \beta_{max}\right)}.$$

Возникшее при кинематическом соотношении (5) провисание холстой ветви системы управления  $\Delta$  может вызвать проворачивание прицепного звена под действием внешних сил (неровности дороги, одиночные препятствия и т. д.) и привести к аварийной ситуации на дороге. Возможный угол проворачивания тележки  $\psi'$  при переезде неровностей на повороте в соответствии со схемой, представленной на рис. 4, равен:

$$\psi' = A'KC'' - A'KC', \quad (7)$$

где  $A'KC'' = \arccos \frac{l_{AK}^2 + b^2 - l_0^2}{2l_{AK}b}$ ;  $A'KC' = \arccos \frac{l_{AK}^2 + b^2 - l_n}{2l_{AK}b}$ ;

$$l_{AK} = \sqrt{a^2 + l_n^2 - 2al_n \cos\left(\frac{\gamma}{2} - \delta\right)};$$

3)  $l_p = l_n$  — наиболее желательное кинематическое соотношение, к которому необходимо стремиться при проектировании системы управления:

$$\Delta = l_0 - l_n = 0. \quad (8)$$

Полученные критерии позволяют оценить кинематические свойства тросовой системы управления при движении автопоезда на различных участках криволинейной траектории.

Функциональные зависимости  $\beta = f(\delta)$ ,  $\psi = f(\delta)$  и  $\psi' = f(\delta)$  кинематической схемы тросовой крестообразной сцепки использованы для определения влияния угловых параметров и размеров звеньев системы управления на маневренные качества автопоезда (рис. 4).

Проведенные на основе предложенной методики расчеты на ЭВМ ЕС-1033 показали, что кинематическая зависимость между передним и задним углами складывания лесовозного автопоезда МАЗ-509А + ГКБ-9383 имеет нелинейный характер. Зона неуправляемости  $\psi$  и угол проворачивания прицепа-роспуска  $\psi'$  при  $\delta = 30^\circ$  превышает  $4^\circ$  — процесс 1, 1'. Если угловые параметры  $\gamma$  и  $\varphi$  крестообразной сцепки автопоезда МАЗ-509А + ГКБ-9383 принять равными  $180^\circ$ , то зона неуправляемости  $\psi$  возрастет до  $5,2^\circ$ , угол проворачивания  $\psi'$  достигает  $6,5^\circ$  — процессы 2, 2'. При увеличении угла  $\gamma$  до  $230^\circ$ ,  $\psi = 9,7^\circ$ ,  $\psi' = 11,7^\circ$  — процессы 3, 3'. Линейный характер зависимости  $\beta = f(\delta)$  получает при  $\varphi = 157^\circ$ ,  $\gamma = 168^\circ$  — процесс 4. Соотношение плеч  $a$  и  $b$  крестообразной сцепки определяют угол наклона линейной зависимости  $\beta = f(\delta)$  — процессы 4, 5.

Анализ работы крестообразной сцепки при различных значениях ее параметров показал, что правильный выбор угловых параметров  $\gamma$  и  $\varphi$  обеспечивает надежную работу системы управления автопоезда, исключает возможность возникновения кинематических несоответствий (4) и (5) при движении автопоезда на повороте. Соотношение  $a$  и  $b$  обеспечивает необходимое передаточное отношение между передним и задним углами складывания  $i = \frac{\beta}{\delta}$ .

Использование приведенной методики позволяет всесторонне оценить кинематические характеристики проектируемой системы управления, подобрать ее рациональные параметры.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Биргер И. А., Мавлютов Р. Р. Сопротивление материалов.— М.: Наука, 1986.— 560 с. [2]. Закин Я. Х. Маневренность автомобиля и автопоезда.— М.: Транспорт, 1986.— 135 с. [3]. Кирилльчик А. И. Основные кинематические параметры крестообразной сцепки лесовозного автопоезда // Механизация лесозаготовок и транспорта леса.— Минск: Высш. школа, 1984.— Вып. 14.— С. 100—103. [4]. Кожевников С. Н. Теория механизмов и машин.— М.: Машиностроение, 1973.— 590 с. [5]. Лахно В. П., Лахно Р. П. Автомобильные лесовозные поезда.— М.: Гослесбумиздат, 1961.— 176 с.

Поступила 27 апреля 1987 г.

УДК 630\*323.4.002.5

## ОБОСНОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ СХЕМЫ КРУГЛОПИЛЬНЫХ СТАНКОВ ЦИКЛИЧНОГО ДЕЙСТВИЯ ДЛЯ ПРОДОЛЬНОЙ РАСПИЛОВКИ

З. Я. ЕСАФОВА, В. Д. ЕСАФОВ

Архангельский лесотехнический институт

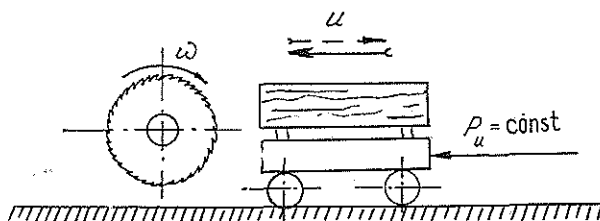
В традиционной кинематической схеме круглопильных станков циклического действия для продольной распиловки древесины механизм резания неподвижен, а механизм подачи выполнен с возвратно-поступательным движением тележки. По такой схеме работают шпалорезные станки (ЦДТ-6-3, ЦДТ-6-2, ЦДТ-7Ш), станки для раскряга короткомерных лесоматериалов (ЦДТ-5-2, ЦДТ-5-3), выпускаемые серийно в СССР. Она характерна также для аналогичных станков и за рубежом.

Наличие холостого хода тележки и использование только встречного пиления снижает производительность станков.

Производительность станков зависит от степени использования мощности привода главного движения (режущего механизма). Поэтому режим надвигания с постоянным усилием  $P_u = \text{const}$  предпочтительнее, чем надвигание с постоянной скоростью  $u$ , так как делает механизм подачи отзывчивым к изменениям технологических нагрузок, обеспечивает саморегулирование скорости подачи, что снижает время пиления и, соответственно, увеличивает производительность станка [1].

Однако при проектировании станков, работающих в режиме надвигания механизма подачи с  $P_u = \text{const}$ , особое внимание следует обратить на выбор принципиальной схемы станка.

Рис. 1. Схема I



Исследование динамики механизма подачи станков, выполненных по схеме I (рис. 1), показало, что масса подвижных частей механизма подачи существенно влияет на эксплуатационные и конструктивные параметры станка [1, 2].

Путь разгона и торможения тележки при данной схеме по конструктивным и технологическим соображениям — величина постоянная, а суммарная масса тележки с заготовкой в процессе работы станка

изменяется, поэтому неизбежно отклонение скоростей подачи от оптимального значения в сторону уменьшения. Максимальная скорость достигается при последнем цикле возвратно-поступательного движения тележки, когда суммарная масса подвижных частей наименьшая. Разбег скоростей снижает производительность станка, так как подача древесины на пильный диск осуществляется со скоростями ниже допустимых.

Аналитические и экспериментальные исследования показали, что отклонение скорости надвигания от оптимальной зависит от соотношения масс тележки и древесины  $A$  и составляет 45 % при  $A = 0,2$ ; 22 % при  $A = 1,0$ ; 15 % при  $A = 2$ . Рекомендуемое значение  $A$  от 1 до 1,2. Дальнейшее увеличение массы тележки дает незначительный эффект, но требует больших затрат энергии на разгон и остановку механизма подачи.

Таким образом, при традиционной кинематической схеме станка не удастся получить оптимальный режим его работы и использовать преимущества механизма подачи с постоянным усилием надвигания, а также резервы попутного пиления. Так, при надвигании с  $P_u = \text{const}$  происходит самозатягивание древесины на пильный диск, что приводит к аварийным ситуациям.

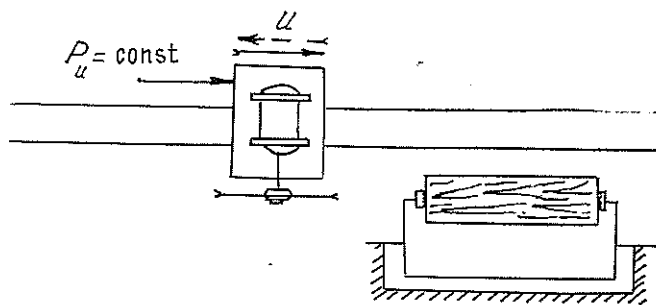


Рис. 2. Схема II

Одним из способов улучшения работы станка в режиме с  $P_u = \text{const}$  является такое конструктивное решение, при котором масса подвижных частей механизма подачи постоянна ( $m = \text{const}$ ). Это возможно, когда распиливаемый кряж неподвижен, а механизм резания и подачи совмещены в один узел (рис. 2, схема II). В этом случае разбег скоростей равен единице, и резание происходит с предельно допустимыми скоростями, что увеличивает производительность станка.

Рассмотрим этап пиления древесины при  $m = \text{const}$ :

$$m \frac{du}{dt} = P_u - P_v (\nu \cos \theta + \sin^2 \theta), \quad (1)$$

где  $\nu = \frac{R}{P_v}$  — коэффициент соотношения между радиальной ( $R$ ) и касательной ( $P_v$ ) составляющими силы резания;

$\theta$  — кинематический угол встречи, рад (при зажиме кряжа в центре  $\theta = \text{const}$ ).

Подставив выражение для  $P_v$  [1], разделив переменные и интегрируя, получим:

$$\int \frac{du}{P_u - Dmhu} = \frac{1}{m} \int dt + C_1.$$

Постоянную интегрирования  $C_1$  находим из начальных условий:  $t = 0, u = u_{max}$ . После интегрирования имеем

$$\ln \frac{P_u - Dmhu_{max}}{P_u - Dmhu} = hDt,$$

где  $D = \frac{20kb}{\pi m i} (v \cos \theta + \sin \theta)$ ;

$h$  — высота пропила;

$r$  — радиус пильного диска;

$i$  — передаточное число пильного механизма;

$n$  — частота вращения вала двигателя;

$k$  — удельная работа резания;

$b$  — ширина пропила;

$t$  — время цикла.

Скорость подачи при резании

$$u = e^{-Dht} \left[ \frac{P_u}{Dmh} (e^{Dht} - 1) + u_{max} \right]. \quad (2)$$

Интегрируя выражение  $dS = udt$ , получаем закон движения механизма резания — подачи. Постоянная интегрирования найдена из условия:  $t = 0, S$  (путь подачи)  $= 0$ .

$$S = (e^{-Dht} - 1) \left( \frac{P_u}{D^2 h^2 m} + \frac{u_{max}}{Dh} \right) + \frac{P_u t}{Dhm}. \quad (3)$$

Из формулы (3) можно найти время пиления, так как при пути подачи ( $S$ ), равном длине кряжа ( $l$ ),  $t = t_p$ , где  $t_p$  — время этапа резания.

Анализ зависимостей (2), (3) показывает, что время резания древесины снижается с уменьшением высоты пропила, причем  $u_p \geq [u]$ , где  $u_p$  — скорость подачи при резании.

Уменьшение рабочего времени в общем цикле работы станка, в свою очередь, существенно влияет на снижение мощности привода и на энергоемкость процесса распиловки древесины.

Скорость подачи при резании можно увеличивать до известных пределов, так как есть ограничение ее по прочности пильного диска и подачи древесины на зуб. Чтобы избежать превышения скорости выше допустимого значения  $[u]$ , увеличиваем массу поступательно движущихся частей механизма до размеров, обеспечивающих условие  $u_p \leq [u]$ .

Для  $h_{min} = 0$

$$m = \frac{2P_u l}{(u_{opt} + [u])^2}. \quad (4)$$

находим путь разгона механизма

$$S_1 = l \frac{u_{opt}^2}{(u_{opt} + [u])^2}. \quad (5)$$

При кинематической схеме II исключается холостой ход механизма подачи — резания, пила режет кряж слева и справа при движении тележки, что также увеличивает производительность станка. Станки, выполненные по схеме II, менее энергоемки и металлоемки, более компактны и малогабаритны. Выбранная схема дает возможность создавать высокопроизводительные станки-автоматы.

Кинематическая схема II может быть рекомендована для шпалорезных станков, что подтверждается исследованиями по определению оптимальных массовых параметров подвижных частей механизма подачи [1, 2].

Сравнительный анализ кинематических схем I и II позволяет выбрать конструктивное решение круглопильного станка циклического действия для продольной распиловки в зависимости от конкретных условий его работы.

## ЛИТЕРАТУРА

[1]. Есафова З. Я. Влияние веса подвижных частей механизма подачи круглопильных станков, работающих с постоянным усилием подачи // Тр. / ХабПИ.— 1974.— С. 67—71. [2]. Есафова З. Я., Есафов В. Д. Определение оптимальных массовых параметров механизма подачи круглопильных станков циклического действия // Лесн. журн.— 1980.— № 4.— С. 68—70.— (Изв. высш. учеб. заведений).

Поступила 24 апреля 1989 г.

УДК 625.731.001.24

## ОБ ОЦЕНКЕ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ ОСНОВАНИЙ ЗИМНИХ ДОРОГ НА БОЛОТАХ

В. С. МОРОЗОВ

СевНИИП

В современной практике расчета напряжений и деформаций оснований зимних дорог на болотах их принято рассматривать как плиты (балки), лежащие на слое талого торфа, обладающего винклеровскими свойствами [2, с. 116]. Такая предпосылка использована, в частности, в работах [3, 4]. Она подтверждена нами при расчетах оснований зимних дорог на болотах с помощью метода конечных элементов.

На зимних автомобильных лесовозных дорогах, проложенных по болотам и заболоченным участкам, широко применяют следующие три основные конструкции оснований: слой мерзлого торфа, образованного при проминке поверхности болот с разрушением мохового покрова; деревянный (лежневый) настил на слое мерзлого торфа и, наконец, конструкция, состоящая из насыпи (минеральный грунт), деревянного настила и слоя мерзлого торфа.

При исследовании напряженного состояния оснований зимних дорог необходимо учитывать присущие им особенности:

разномодульность слоев, состоящих из грунта, дерева, мерзлого торфа;

зависимость модуля упругости (деформации) мерзлого торфа от его температуры, которая повышается по глубине основания и в подошве его становится равной нулю [1, с. 122—125];

анизотропию механических свойств, т. е. разномодульность мерзлого торфа (и грунта) при растяжении и сжатии [2, с. 120].

Методика исследования включает следующие этапы: задание модулей упругости (деформации) отдельных слоев конструкции основания; определение положения нейтральной оси при его изгибе; построение

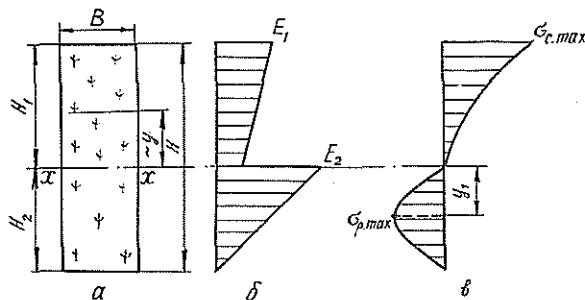


Рис. 1. Основание из мерзлого торфа: а — схема поперечного сечения; б — эпюра модуля деформации; в — эпюра напряжений

ние эпюры нормальных напряжений по высоте поперечного сечения; качественная оценка напряженного состояния.

Эту методику рассмотрим подробно для основания дороги первого типа (слой мерзлого торфа), а затем распространим на два других.

На рис. 1, а приведена схема поперечного сечения основания в виде прямоугольника шириной  $B$  и высотой  $H$ . При изгибе нейтральная ось  $x-x$  разбивает сечение на две части. Верхняя толщиной  $H_1$  находится в зоне сжатия, нижняя толщиной  $H_2$  — в зоне растяжения.

Как установлено в работе [2, с. 120], модуль деформации мерзлого торфа при растяжении примерно в 5—8 раз больше, чем при сжатии, и на нейтральной оси изменяется скачком. На верхней границе сжатой и растянутой зон соответствующие модули имеют наибольшие значения, которые обозначим  $E_1$  (сжатие) и  $E_2$  (растяжение). В подошве основания (т. е. на глубине  $H$ ) модуль деформации основания равен модулю деформации талого торфа, который (ввиду его малости по сравнению с  $E_1$  и  $E_2$ ) можно принять равным нулю. Полагая, что закон изменения модулей по толщине основания является линейным (рис. 1, б), получим:

на участке  $0 \leq y \leq H_1$

$$E = E_1(1 - H_1/H) + E_1 y/H; \quad (1)$$

на участке  $0 \leq y \leq H_2$

$$E = E_2(1 + y/H_2). \quad (2)$$

В уравнении (2) значение  $H_2$  принимается по абсолютной величине, а координата  $y$  отрицательна.

Считая мерзлый торф линейно деформируемым телом, получим уравнение для определения нормальных напряжений в сжатой и растянутой зонах (соответственно):

$$\sigma_{сж} = [E_1(1 - H_1/H)y + E_1 y^2/H]/\rho; \quad (3)$$

$$\sigma_p = E(y + y^2/H_2)/\rho. \quad (4)$$

Для определения положения нейтральной оси используем условие

$$\int_F \sigma dF = 0,$$

отсюда

$$E_1 H_1^2 (3 - H_1/H) - E_2 (H - H_1)^2 = 0. \quad (5)$$

Это уравнение позволяет найти величину  $H_1$ , т. е. расстояние от поверхности основания до нейтральной оси. Значения  $E_1$  и  $E_2$  принимают в соответствии с заданным температурным законом в основании дороги, что в отдельных случаях не исключает при определении  $H_1$  применение метода итераций.

Пусть для примера  $E_1 = 460$  МПа,  $E_2 = 1600$  МПа,  $H = 90$  см. Решая уравнение (5), получим  $H_1 = 48,9$  см. Нейтральная ось в данном случае проходит ниже центра тяжести сечения. Однако изменение расстояния до центра тяжести невелико, поэтому предпосылка, высказанная в работе [2, с. 110] о том, что «...в целях упрощения расчета промороженный покров в зимний период можно рассматривать как материал с постоянным модулем деформации...», достоверна и может быть использована в приближенных практических расчетах.

Эпюра нормальных напряжений для  $\rho = 1000$  см приведена на рис. 1, в. Она показывает, что максимальные сжимающие напряжения имеют место в поверхностном слое основания. Для определения максимальных растягивающих напряжений используем условие  $\sigma' = 0$ , отсюда:

$$y_1 = -H_2/2 = -(H - H_1)/2 \quad (6)$$

и

$$\sigma_{p, max} = -E_2 H_2 / 4\rho = -E_2 (H - H_1) / 4\rho. \quad (7)$$

Для рассмотренного выше примера  $y_1 = 20,65$  см (т. е. расстояние от поверхности дороги  $H_1 + y_1 = 69,55$  см),  $\sigma_{p, max} = -16,44$  МПа. Так как прочность на сжатие мерзлого торфа в два с лишним раза выше прочности на растяжение, то при расчете основания из мерзлого торфа исходят из условия его прочности на растяжение (как наименьшей).

В существующей практике расчета оснований зимних дорог на болотах используют понятие приведенного модуля упругости и приведенной толщины дорожной одежды. Пусть  $E_{пр} = E_2$ , тогда:

$$H_{пр} = H_{факт} \sqrt{E_1/E_2}$$

и

$$\sigma_{max} = E_2 H_{пр} / 2\rho.$$

Для  $E_1 = 460$  МПа,  $E_2 = 1600$  МПа,  $H = 90$  см имеем  $H_{пр} = 48,26$  см,  $\sigma_{max} = 38,6$  МПа, что примерно в два с лишним раза больше  $\sigma_{сж, max}$  и  $\sigma_{р, max}$ , вычисленных с учетом переменности модуля деформации по толщине основания, т. е. использование понятий приведенной толщины и модуля упругости в данном случае нельзя считать достаточно обоснованным.

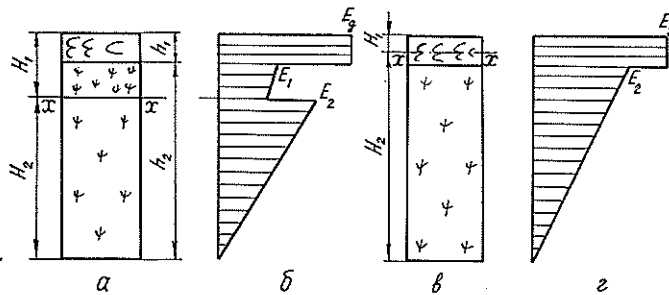


Рис. 2. Основание из деревянного настила и мерзлого торфа: а, в — схемы поперечного сечения; б, з — эпюры модулей деформаций

Для оснований зимних дорог второго типа (деревянный настил с модулем упругости  $E_d$  уложен на слое мерзлого торфа) возможны два расчетных случая: нейтральная ось проходит по мерзлому торфу (рис. 2, а) и по деревянному настилу (рис. 2, в). В частном случае при определенной комбинации значений  $E_2$ ,  $E_d$ ,  $h_1$  и  $H$  нейтральная ось проходит по низу настила, т. е. расположена на границе между слоями.

Применение рассмотренной методики для случая  $H_1 = h_1$  позволяет получить уравнение

$$3E_d H_1^2 - E_2 (H - H_1)^2 = 0, \quad (8)$$

отсюда

$$H_1 = mH / (1 + m), \quad (9)$$

где  $m = \sqrt{E_2/3 E_d}$ .

Пусть  $E_d = 1 \cdot 10^4$  МПа,  $E_2 = 1\,600$  МПа,  $H = 90$  см. Тогда  $m = 0,2309$  и  $H_1 = 0,1688$  м = 16,88 см. Следовательно, если толщина настила  $h_1$  больше 16,88 см, то нейтральная ось будет проходить по настилу, если меньше — по мерзлому торфу.

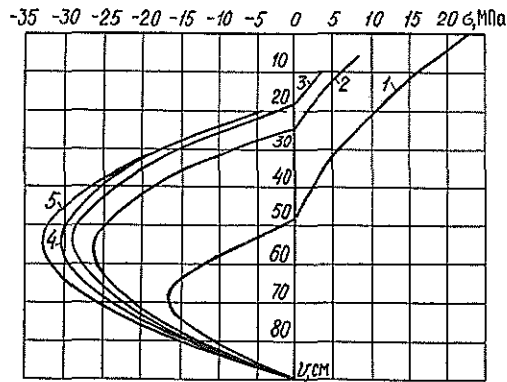


Рис. 3. Эпюры напряжений в слое мерзлого торфа при толщине деревянного настила: 1 —  $h = 0$  см; 2 — 5; 3 — 10; 4 — 20; 5 —  $h = 30$  см

В общем случае положение нейтральной оси в двухслойной системе: деревянный настил — мерзлый торф и действующие в основании дороги напряжения можно определить аналогично тому, как это было сделано для основания из мерзлого торфа. Не приводя математических выкладок, проиллюстрируем результаты расчета графиками (эпюрами напряжения) на рис. 3. Положение максимума растягивающих напряжений в мерзлом торфе определяется по уравнению (6), а его значения — по уравнению

$$\sigma_{p, \max} = -\frac{E_2(H - H_1)^2}{4\rho(H - h_1)} \quad (10)$$

Значения расчетных величин для  $E_2 = 1\,600$  МПа,  $H = 90$  см,  $\rho = 1\,000$  см при различных  $h_1$  приведены в табл. 1.

Таблица 1

$h_1$ , см	$H_1$ , см	$H_1 + y_1$ , см	$\sigma_{p, \max}$
20	17,29	53,65	—30,21
25	18,38	54,19	—31,56
30	19,83	54,91	—32,83
35	21,50	55,75	—34,12
40	23,33	56,67	—35,67

Примечание. Напряжения приведены в условных единицах, так как для всех вариантов принято  $\rho = 1\,000$  см. В действительности по мере увеличения толщины настила значение  $\rho$  возрастает, т. е.  $\sigma_{p, \max}$  уменьшается.

Для трехслойной системы: насыпь из минерального грунта — деревянный настил — мерзлый торф (рис. 4) нейтральная ось может проходить по грунту, настилу или торфу. Уравнения для определения положения нейтральной оси имеют вид:



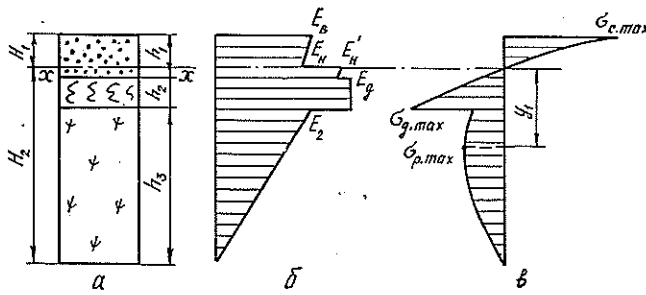


Рис. 4. Основание из минеральной насыпи, деревянного настила и мерзлого торфа: а — схема поперечного сечения; б — эпюра модулей деформаций; в — эпюра напряжений

при расположении оси по основанию настила

$$3A_1H_1^2 + 2B_1H_1^3 - 3E_n h_2^2 - 3A_2'(H_2^2 - h_2^2) - 2B_2'(H_2^3 - h_2^3) = 0; \quad (11)$$

по низу настила

$$3A_1(H_1^2 - h_2^2) + 2B_1(H_1^3 - h_2^3) + 3E_n h_2^2 - E_2 H_2^2 = 0; \quad (12)$$

по слою мерзлого торфа

$$3A_1[H_1^2 - (H_1 - h_1)^2] + 2B_1[H_1^3 - (H_1 - h_1)^3] + 3E_n [(H_1 - h_1)^2 - (H_1 - h_1 - h_2)^2] + 3A_2''(H_1 - h_1 - h_2)^2 + 2B_2''(H_1 - h_1 - h_2)^2 - E_2 H_2^2 = 0. \quad (13)$$

В уравнениях (11) — (13) обозначено:

$h_1, h_2$  — толщина насыпи и настила;  
 $H, H_1, H_2$  — толщина основания и расстояния от нейтральной оси до верха и низа основания дороги;

$$\begin{aligned} A_1 &= E_b - B_1 H_1; & B_1 &= (E_b - E_n)/h_1; \\ A_2' &= E_2 - B_2 h_2; & B_2' &= E_2/(H_2 - h_2); \\ A_2'' &= B_2''(H - H_1); & B_2'' &= E_1(H - h_1 - h_2); \end{aligned}$$

$E_b, E_n, E_2, E_d$  — модули деформации мерзлого грунта по поверхности насыпи и ее основанию, мерзлого торфа и древесины.

Некоторые результаты расчета приведены в табл. 2. Значения  $E_b$  приняты: для песка — 4 120 МПа, суглинка (супеси) — 2 880 МПа, глины — 560 МПа.

При вычислении принято  $E_1 = 480$  МПа,  $E_2 = 1 600$  МПа [2]. Модули деформации мерзлых грунтов определены по работе [5]. Для значений  $h_2$  в скобках записан номер расчетной формулы.

Нейтральная ось у насыпей большой толщины проходит по мерзлому грунту или по деревянному настилу. Например, для насыпи из песка толщиной  $h_1 = 50$  см при  $h_2 = 26,1$  см она проходит по основанию насыпи; для  $h_2 < 26,1$  см — по мерзлому грунту; при  $h_2 > 26,1$  см — по настилу.

Т а б л и ц а 2

$h_1$ , см	Песок		Суглинок (супесь)		Глина	
	$E_{II}$ , МПа	$h_2$ , см	$E_{II}$ , МПа	$h_2$ , см	$E_{II}$ , МПа	$h_2$ , см
15	3 190	8,1 (12)	2 180	9,7 (12)	445	13,2 (12)
20	2 840	4,45 (12)	1 946	6,75 (12)	403	11,9 (12)
30	2 140	9,9 (11)	1 480	23,8 (11)	330	8,6 (12)
40	1 440	19,3 (11)	1 014	14,5 (11)	253	4,9 (12)
50	750	26,1 (11)	547	21,1 (11)	168	3,8 (11)

У насыпей небольшой толщины нейтральная ось проходит по настилу или мерзлому торфу. Так, для насыпи из песка толщиной  $h_1 = 15$  см при  $h_2 = 8,1$  см она проходит по низу настила; при  $h_2 > 8,1$  см — по настилу; при  $h_2 < 8,1$  см — по торфу.

На рис. 4, в приведена эпюра напряжений по высоте основания дороги. Они состоят из трех частей. Верхняя часть дает распределение напряжений в мерзлом грунте. Они, как правило, являются сжимающими, так как значительная часть насыпи расположена выше нейтральной оси. Средняя часть представляет собой эпюру распределения напряжений в деревянном настиле. Они, как правило, растягивающие. Нижняя часть эпюры распределения растягивающих напряжений в мерзлом торфе. По абсолютному значению они имеют примерно такое же значение, как и в основании дороги второго типа.

Рассмотренная методика позволяет оценить распределение нормальных напряжений в основании зимних лесовозных автодорог различных конструкций на болотах. При необходимости можно качественно оценить распределение касательных напряжений, которые, как известно, достигают наибольших значений при изгибе вблизи нейтральной оси, где в основании дорог второго и третьего типа расположены слои с высокими значениями механических свойств.

Методика не дает значений напряжений, а определяет характер их распределения, в связи с чем пригодна только для сравнительного анализа конструкции дорожных оснований различных типов. Для определения расчетных значений напряжений необходимо знать радиус кривизны нейтральной оси. Во всех рассмотренных примерах  $\rho$  принято постоянным для всех типов дорог. В действительности же для дорог второго типа  $\rho$  выше, чем для первого, а для дорог третьего типа больше, чем для второго.

В общем случае значение  $\rho$  можно определить по уравнению

$$\rho = (EI)_{06}/M,$$

где  $M$  — изгибающий момент в данном поперечном сечении;  
 $(EI)_{06}$  — обобщенная жесткость плиты (балки).

С увеличением обобщенной жесткости при переходе от дорог первого типа ко второму и от второго к третьему кривизна прогибов уменьшается, а  $\rho$  — увеличивается.

Задачу по определению  $\rho$  обычно решают методами теории упругости.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Водно-тепловой режим земляного полотна и дорожных одежд / Н. А. Пузаков, И. А. Золотарь, В. М. Сиденко и др.—М.: Транспорт, 1971.—416 с. [2]. Строительство промысловых сооружений на мерзлом торфе / С. С. Вялов, Г. Л. Каган, А. Н. Воевода, В. И. Муравленко.—М.: Недра, 1980.—144 с. [3]. Уваров Б. В., Щелкунов В. В. Расчет на прочность основания зимних автомобильных дорог на болотах // Лесн. журн.—1982.—№ 6.—С. 49—55.—(Изв. высш. учеб. заведений).

[4]. Уваров Б. В., Щелкунов В. В. Расчет на прочность основания зимних автомобильных дорог на болотах с поперечным настилом.— Лесн. журн.— 1986.— № 3.— С. 43—47.— (Изв. высш. учеб. заведений). [5]. Цытович Н. А. Механика мерзлых грунтов.— М.: Высш. школа, 1973.— 448 с.

Поступила 3 августа 1989 г.

УДК 630\*377,44.001.4/5

## ИССЛЕДОВАНИЕ УПРУГОДЕМПФИРУЮЩИХ СВОЙСТВ ГИДРОПРИВОДА МЕХАНИЗМА СКЛАДЫВАНИЯ ТРЕЛЕВОЧНЫХ ТРАКТОРОВ

А. М. КОЧНЕВ, В. Д. ВАЛЯЖОНКОВ, Д. В. ПАМФИЛОВ

Ленинградская лесотехническая академия  
Северо-Западный филиал НПО НАТИ  
Брянский технологический институт

При обосновании расчетных схем для исследования колебаний шарнирно сочлененных машин обычно принимают сочлененную раму абсолютно жесткой в горизонтальной плоскости, без учета податливости и неупругого сопротивления гидропривода механизма складывания, установленного между полурамами. Это допущение не соответствует реальным динамическим процессам, происходящим при движении такого типа машин. Чтобы решать вопросы устойчивости движения колесных трелевочных тракторов с шарнирно сочлененной рамой, необходимо знать упругодемпфирующие свойства этого механизма.

Рассмотрим движение колесного трелевочного трактора по неровностям волока, считая, что воздействие водителя на рулевой привод отсутствует. Тогда, независимо от типа примененного на тракторе рулевого управления (гидрообъемного или гидромеханического), полости силовых гидроцилиндров поворота заперты, и расчетную схему гидропривода механизма складывания можно представить в виде исполнительного гидроцилиндра с симметричным рабочим поршнем, перемещающим некоторую, приведенную к его штоку, массу секции трактора  $m_{пр}$  и системы трубопроводов (напорных и сливных), которые запер-

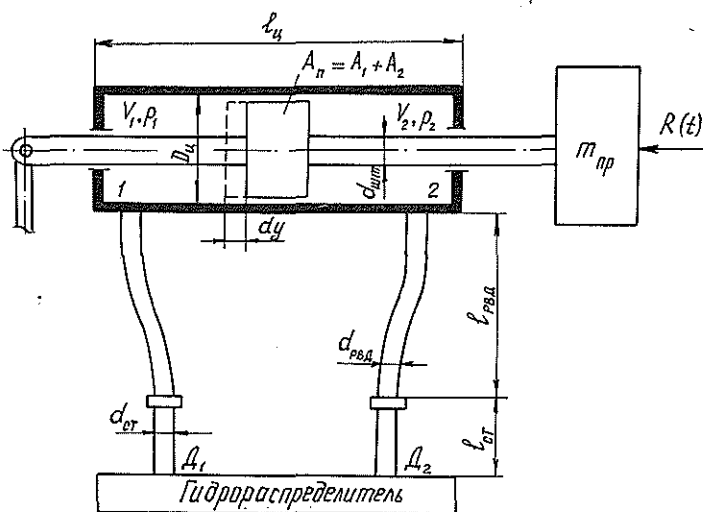


Рис. 1. Расчетная схема механизма складывания

ты в точках  $D_1$  и  $D_2$  гидрораспределителя (рис. 1). Силы  $R(t)$ , действующие на колесный трелевочный трактор со стороны волока и стремящиеся сложить его секции, компенсируются действием восстанавливающих сил со стороны так называемой «гидравлической пружины», образованной жесткостью объема рабочей жидкости, заключенного в гидроцилиндрах и подводящих трубопроводах, и материала их стенок. Кроме того, часть энергии колебаний рассеивается за счет внутреннего трения в гидроприводе.

Определим динамическую жесткость гидропривода, обусловленную сжимаемостью жидкости при перекрытых гидромагистралях. Пусть к приведенной массе  $m_{пр}$  приложена внешняя сила  $R(t)$ , которая вызывает изменение давления в полости 1 гидроцилиндра и примыкающей к ней ветви гидромагистрали  $V_1$  на  $\Delta p_1$ , а в полости 2 гидроцилиндра и примыкающей к ней ветви гидромагистрали —  $V_2$  на  $\Delta p_2$ . При этом давление в полостях становится равным  $p_1 + \Delta p_1$  и  $p_2 + \Delta p_2$ , а перепад давлений на поршне —  $\Delta p_d = \Delta p_1 + \Delta p_2$ . Под действием изменившегося давления в полости 1 объем жидкости изменится до  $V_1 - \Delta V_1$ , в полости 2 до значения  $V_2 + \Delta V_2$ . При выводе линеаризованного уравнения движения поршня воспользуемся допущениями, принятыми в работе [1]. При этих допущениях просадка поршня в гидроцилиндре  $y$ , возникающая под воздействием складывающегося момента на полурамы трактора, определится системой из двух уравнений: расхода, который при принятых допущениях равен нулю, и движения поршня

$$\left. \begin{aligned} A_n y &= k_{г.п} p_d; \\ m_{пр} \ddot{y} + K \dot{y} &= A_n p_d + R(t), \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где  $A_n = A_1 + A_2$  — приведенная площадь поршня;

$k_{г.п}$  — общая податливость гидропривода;

$K$  — коэффициент демпфирования гидропривода.

Решив систему (1) относительно  $y$  и проведя отдельные преобразования, получим:

$$\ddot{y} + c_1 \dot{y} + c_0 y = \frac{1}{m_{пр}} R(t), \quad (2)$$

где  $c_1 = K/m_{пр}$ ;  $c_0 = -A_n^2/m_{пр} k_{г.п}$  — постоянные величины, определяемые из начальных условий.

Для решения уравнения (2) применим преобразования Лапласа. Тогда изображающим уравнением для выражения (2) будет выражение вида [2]

$$[s^2 Y - y(+0)s - \dot{y}(+0)] + c_1 [sY - y(+0)] + c_0 Y = F(s), \quad (3)$$

где  $F(s)$  — входная функция, или возбуждение;

$Y(s)$  — выходная функция, или отклик на возбуждение;

$s$  — комплексная переменная.

Предположим, что в качестве возбуждения  $F(s)$  к исследуемой системе приложен единичный импульс. Тогда решением изображающего уравнения (3) будет выражение вида

$$\begin{aligned} Y(s) = F(s) \frac{1}{s^2 + c_1 s + c_0} + y(+0) \frac{s + c_1}{s^2 + c_1 s + c_0} + \\ + \dot{y}(+0) \frac{1}{s^2 + c_1 s + c_0}. \end{aligned} \quad (4)$$

Так как при  $t=0$   $y=0$ , то  $y(+0) = \dot{y}(+0) = 0$ . Определив  $c_1$  и  $c_2$ , подставив эти выражения в (4) и сделав необходимые преобразования, получим:

$$\left[ m_{np} s^2 + Ks + \frac{A_n^2}{k_{г.п}} \right] Y(s) = F(s). \quad (5)$$

Определим конечное смещение выходного звена  $Y(s)$ , приняв, что при  $t \rightarrow \infty, s \rightarrow 0$ :

$$Y(s) = k_{г.п} / A_n^2. \quad (6)$$

Величина  $Y(s)$  является по существу обратной значению жесткости гидропривода механизма складывания, приведенной к штоку гидроцилиндра  $C_n$ , поэтому:

$$C_n = A_n^2 / k_{г.п}. \quad (7)$$

Тогда круговая жесткость механизма складывания

$$C_k = C_n (lu)^2, \quad (8)$$

где  $l$  — кратчайшее расстояние от штока гидроцилиндра до оси вертикального шарнира механизма складывания;

$u$  — передаточное отношение механизма складывания.

Входящее в выражения (7) и (8) значение общей податливости гидропривода механизма складывания  $k_{г.п}$  равно сумме податливостей входящих в него элементов и может быть определено по формуле

$$k_{г.п} = k_{ц} + k_{ст} + k_{РВД} = \frac{\pi}{2} l_{ц} \left[ \frac{(1-\chi)D_{ц}^3}{4E_{ц}\delta_{ц}} + \left( D_{ц}^2 - \frac{d_{шт}^2}{2} \right) \frac{1}{E_{ж}} \right] + \frac{\pi}{2} l_{ст} \left[ \frac{(1-\chi)d_{ст}^3}{4E_{ст}\delta_{ст}} + \frac{d_{ст}^2}{2} \frac{1}{E_{ж}} \right] + \frac{\pi d_{РВД}^2}{4} l_{РВД} \left( \frac{1}{E_{ж}} + \frac{d_{РВД}}{\delta_{РВД} E_m} \right), \quad (9)$$

Упругодемпфирующие параметры гидропривода механизма складывания

Параметр	Исследуемый трактор		
	ЛТ-157		ТКЛ-1
	Расчет	Эксперимент	Расчет
Податливость гидропривода $k \cdot 10^{-12}$ , м <sup>5</sup> /кН:	5 647,7	$\frac{9\ 132,3}{5\ 377,9}$	7 815,4
гидроцилиндра поворота $k_{ц}$	1 520,5	—	3 763,0
стальных трубопроводов $k_{ст}$	109,3	—	449,0
гибких РВД $k_{РВД}$	4 017,9	—	3 603,4
Жесткость гидропривода:			
линейная $C_n$ , кН/м	12 678,0	$\frac{7\ 840,5}{13\ 330,2}$	56 638,0
круговая $C_k$ , кН · м/рад	857,0	$\frac{530,0}{900,0}$	7 183,0
Параметры демпфирования:			
логарифмический декремент затухания $\delta$	—	$\frac{0,548}{0,692}$	—
период колебаний $T$ , с	—	$\frac{0,320}{0,170}$	—
коэффициент затухания $n$ , рад/с	—	$\frac{1,713}{4,072}$	—
собственная частота колебаний $p_n$ , рад/с	—	$\frac{19,624}{36,940}$	—
коэффициент демпфирования $K$ , кН · м · с/рад	—	$\frac{5,310}{4,700}$	—

где  $E_{ж}$ ,  $E_{ц}$ ,  $E_{ст}$ ,  $E_{м}$  — соответственно модуль упругости жидкости, материала цилиндра, стальных трубопроводов и гибких рукавов высокого давления (РВД);

$\chi$  — коэффициент Пуассона ( $\chi = 0,35$ );

$\delta_{ц}$ ,  $\delta_{ст}$ ,  $\delta_{РВД}$  — соответственно толщина стенок цилиндра, стальных трубопроводов и гибких РВД.

Остальные обозначения ясны из рис. 1.

Величины податливостей отдельных элементов гидропривода механизма складывания и общая величина коэффициентов его линейной и круговой жесткости, рассчитанные по выражениям (7)—(9) для конструктивных параметров серийного трелевочного трактора ЛТ-157 и макетного образца перспективного колесного лесопромышленного трактора ТКЛ-1, приведены в таблице. Здесь же представлены результаты экспериментальных исследований упругодемпфирующих свойств гидропривода механизма складывания трелевочного трактора ЛТ-157; в числителе — значения исследуемых параметров, полученные для гидропривода механизма складывания с серийной длиной гибких РВД ( $l_{РВД} = 1,65$  м), в знаменателе — с укороченной длиной гибких РВД ( $l_{РВД} = 0,60$  м).

Цель экспериментальных исследований — оценить истинные значения коэффициентов жесткости и демпфирования гидропривода механизма складывания и влияние длины гибких РВД на его упругодемпфирующие свойства. Объектом экспериментальных исследований служил гидропривод механизма складывания серийного трелевочного тра-

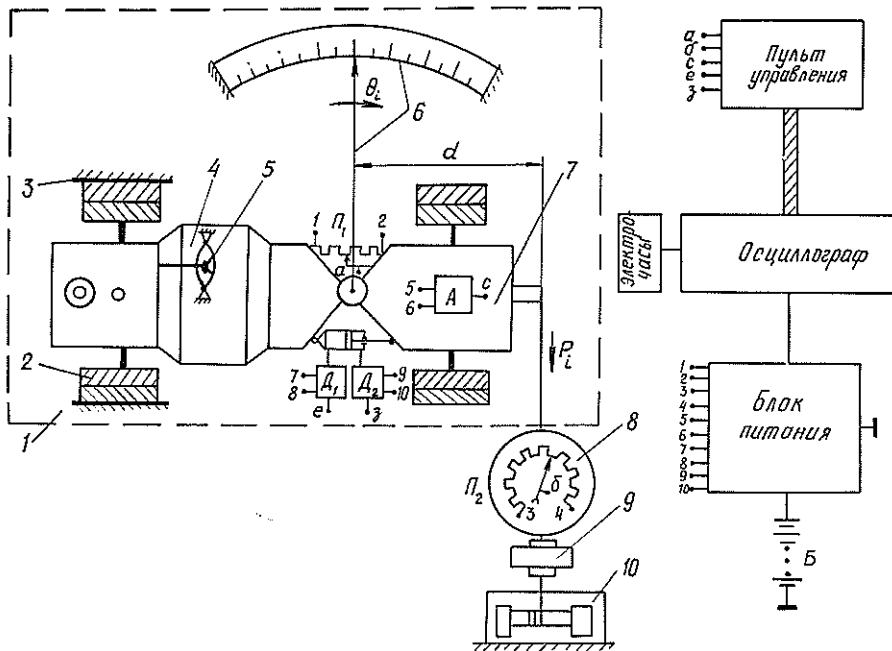


Рис. 2. Схема стенда и комплекса аппаратуры для исследования упругодемпфирующих свойств гидропривода механизма складывания: 1 — бетонная площадка; 2, 3 — упоры; 4 — передняя полурама; 5 — рулевое колесо; 6 — угломерное устройство; 7 — задняя полурама; 8 — динамометр; 9 — муфта мгновенного сброса усилия; 10 — лебедка;  $П_1$  — датчик угла слома полурам;  $П_2$  — датчик усилия в лебедке; А — акселерометр;  $Д_1$ ,  $Д_2$  — датчики давления

тора ЛТ-157. Исследования проводили в лабораторных условиях Лисинского учебно-опытного лесхоза ЛТА с использованием специально разработанной методики, стенда и комплекса электроизмерительной аппаратуры [3]. Схема стенда и комплекса электроизмерительной аппаратуры приведены на рис. 2.

При исследовании упругих свойств гидропривода трактор устанавливали в строго прямолинейное положение, переднюю полураму фиксировали относительно опорной поверхности площадки при помощи упоров. Рулевое колесо и горизонтальный шарнир трактора блокировали, тягу следящего привода отсоединяли от задней полурамы. Заднюю полураму трактора вывешивали до момента исключения контакта ее с опорной поверхностью, и к ней при помощи тяговой лебедки прикладывали складывающий момент  $M_i = P_i d$ . Усилие  $P_i$  изменяли ступенчато через 5 кН, с фиксацией каждого промежуточного значения. При исследовании демпфирующих свойств гидропривода заднюю полураму исследуемого трактора нагружали складывающим моментом определенной величины с последующим мгновенным сбросом усилия при помощи специальной муфты, задняя полурама трактора при этом совершала свободные затухающие колебания. Повторность опытов была принята пятикратной, циклы нагружения осуществляли как в ту, так и в другую сторону при двух значениях длины гибких РВД: стандартной и уменьшенной. В процессе экспериментальных исследований измеряли и регистрировали: усилие в тросе тяговой лебедки  $P_i$ ; угол слома полурам трактора  $\Theta$ ; давление в полостях силового гидроцилиндра поворота  $p_{шт}$ ,  $p_{б/шт}$ ; линейные поперечные ускорения задней полурамы трактора  $y_{з.п}$  и время протекания процессов  $t$ . Общая погрешность измерения исследуемых параметров находилась в пределах 2,35...4,90 %.

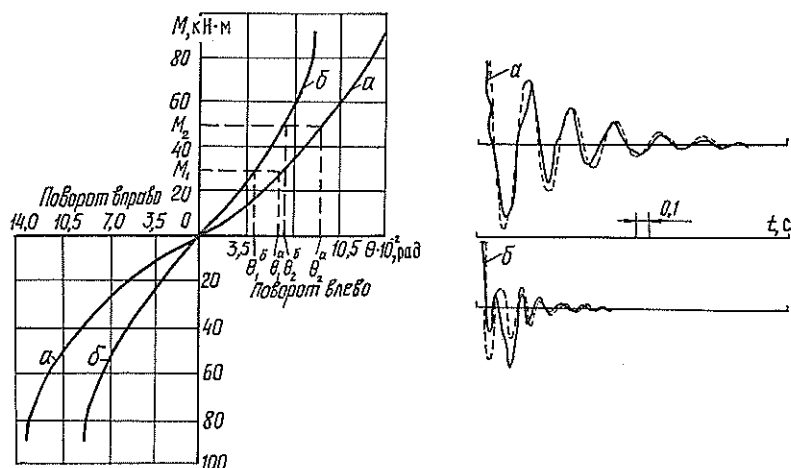


Рис. 3. Результаты экспериментальных исследований:  $a - l_{РВД} = 1,65$  м;  $b - l_{РВД} = 0,60$  м; сплошная линия — эксперимент; штриховая — моделирование на ЭВМ

Анализируя полученные характеристики круговой жесткости гидропривода механизма складывания (рис. 3), можно отметить, что участки характеристик, соответствующие диапазону реальных значений  $\Theta$ , возникающему при движении трелевочного трактора по прямолинейным участкам волока, являются линейными, из чего следует, что жесткость гидропривода механизма складывания на этих участках постоянна и может быть определена по формуле:

$$C_k = \frac{M_2 - M_1}{\theta_2 - \theta_1}. \quad (10)$$

Анализ полученных значений  $C_k$  (см. таблицу) показывает, что наибольшее влияние на жесткость гидропривода механизма складывания оказывает длина гибких РВД (снижение  $l_{РВД}$  на 63 % приводит к увеличению  $C_k$  на 60 %), что подтверждает результаты теоретической оценки податливости отдельных элементов гидропривода. Разница между экспериментальными и расчетными значениями  $C_k$  объясняется наличием неучтенных при расчете утечек рабочей жидкости, зазоров в шарнирных соединениях и некоторых других факторов.

Анализ характера протекания осциллограмм свободных затухающих колебаний задней полурамы трактора (рис. 3) указывает наличие в исследуемой системе сил неупругого сопротивления, пропорциональных скорости деформации жидкости, что дает возможность записать уравнение свободных колебаний задней полурамы трактора в следующем виде:

$$I_{z_0}^{з.п} \ddot{\theta} + K \dot{\theta} + C_k \theta = 0, \quad (11)$$

где  $I_{z_0}^{з.п}$  — момент инерции задней полурамы относительно оси вертикального шарнира.

После определения основных характеристик затухающих колебательных процессов по известной методике [4] рассчитывали коэффициенты демпфирования исследуемых гидроприводов механизма складывания по формуле

$$K = \frac{2C_k \delta}{\rho_1 \sqrt{\delta^2 + 4\pi^2}}. \quad (12)$$

Моделирование на ЭВМ свободных затухающих колебаний задней полурамы трактора, описываемых выражением (11), при полученных значениях  $C_k$  и  $K$  (см. таблицу), проведенные с целью оценки их достоверности, показало близкое совпадение экспериментальных и расчетных кривых (рис. 3).

Результаты теоретических и экспериментальных исследований говорят о соизмеримости жесткостных и демпфирующих параметров гидропривода механизма складывания с аналогичными параметрами других упругодемпфирующих элементов трелевочного трактора, что позволяет сделать вывод о необходимости их учета при математическом моделировании колебаний колесного трелевочного трактора с шарнирно сочлененной рамой. Полученные значения  $C_k$  и  $K$  могут быть использованы при исследовании разработанных моделей на ЭВМ.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Гамынин Н. С. Гидравлический привод систем управления.— М.: Машиностроение, 1972.— 376 с. [2]. Деч Г. Руководство к практическому применению преобразований Лапласа и z-преобразований / Пер. с нем.— М.: Наука, 1971.— 288 с. [3]. Кочнев А. М. Стенд для определения динамических характеристик механизма складывания полурам тракторов.— Л., 1986.— (Информ. листок / ЛенЦНТИ; № 1120—86). [4]. Тимошенко С. П., Янг Д. Х., Уивер У. Колебания в инженерном деле / Пер. с англ. Л. Г. Корнейчука; Под ред. Э. И. Григолюка.— М.: Машиностроение, 1985.— 472 с.

Поступила 25 января 1989 г.



УДК 630\*36 : 621.936.6

**ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ  
СИСТЕМЫ ПРИВОДА БЕНЗИНОМОТОРНЫХ ПИЛ**

Э. А. КЕЛЛЕР

Пермский политехнический институт

В работе [3] показано, что основной причиной малой надежности системы привода бензопил являются резонансы крутильных колебаний на всех эксплуатационных режимах.

Рассмотрим один из вариантов снижения динамических нагрузок в валах привода путем целенаправленного синтеза спектра собственных частот, исключающего появление резонансных состояний. Анализ спектра собственных частот серийной бензопилы МП-5 «Урал-2» показывает, что среднечастотные  $(5,23 \dots 17,46) \cdot 10^2 \text{ с}^{-1}$  и высокочастотные  $(2,24 \dots 3,30) \cdot 10^4 \text{ с}^{-1}$  составляющие практически не зависят от внеш-

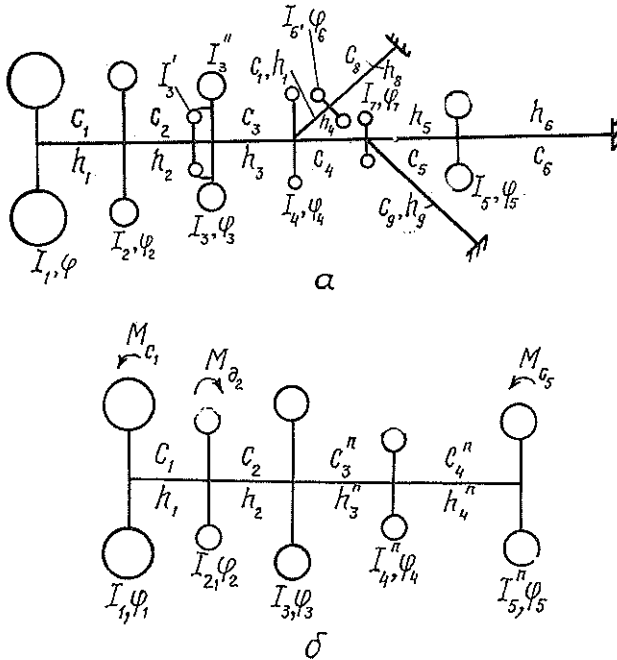


Рис. 1. Расчетные схемы системы привода бензопилы МП-5 «Урал-2»: а — полная; б — упрощенная

них реактивных связей привода с жесткостями  $c_6, c_8, c_9$  (рис. 1, а), а низкочастотные составляющие  $(1,64 \dots 1,84) \cdot 10^2 \text{ с}^{-1}$  существенно далеки от частот основных гармоник вынуждающих моментов, и резонансов с ними не наблюдается. Эти выводы справедливы и для других моделей бензопил. Поэтому для решения поставленной задачи динамическую расчетную схему привода для режима рабочего хода можно свести к пятимассовой (рис. 1, б). Выражения для эквивалентных параметров упрощенной схемы могут быть определены методом парциальных частот

$$I_4^n = I_4 + I_6 + I_7 \left( \frac{c_4 + c_5}{c_5} \right); \quad I_5^n = I_5 + I_7 \left( \frac{c_4 + c_5}{c_4} \right);$$

$$c_3^n = \frac{c_3 c_7'}{c_3 + c_7'}; \quad c_7' = \frac{I_6 c_7}{I_4 + I_6}; \quad c_4^n = \frac{c_4 c_5}{c_4 + c_5};$$

$$h_3^n = \frac{h_3 h_7'}{h_3 + h_7'}; \quad h_7' = \frac{I_6 h_7}{I_4 + I_6}; \quad h_4^n = \frac{h_4 h_5}{h_4 + h_5},$$

где  $I_1, I_2, I_3, I_4, I_5, I_6, I_7$  — приведенные моменты инерции соответственно маховика, кривошипно-ползунного механизма, муфты сцепления, шестерен редуктора, пильного аппарата, механизма смазки цепи, механизма гидроклина;

$c_i, h_i$  — приведенные крутильные жесткости и сопротивления участков трансмиссии.

Расчет составляющих спектра собственных частот, расположенных в диапазоне  $(5 \dots 20) \cdot 10^2 \text{ с}^{-1}$ , проведенный по упрощенной расчетной схеме, приводит к ошибке, не превышающей 12 %.

В качестве критерия параметрической оптимизации системы привода принята величина отстройки спектра собственных частот от частот основных гармоник вынуждающих моментов. Варьируемыми параметрами являлись коэффициенты жесткости участков трансмиссии и моменты инерции масс привода.

Математическая модель для квазистационарных режимов работы системы привода без проскальзывания муфты сцепления имеет вид

$$[A]\{q\} = 0,$$

где  $[A]$  — матрица, составленная из коэффициентов при комплексных амплитудах угловых колебаний масс;

$\{q\} = [\bar{a}_1 \bar{a}_2 \bar{a}_3 \bar{a}_4 \bar{a}_5]^T$  — вектор-столбец комплексных амплитуд угловых колебаний масс (индекс «т» обозначает транспонированную матрицу).

Ненулевые элементы матрицы  $[A]$  равны:

$$a_{11} = c_1 - I_1 \omega^2 + h_1 j \omega; \quad a_{22} = c_1 + c_2 - I_2 \omega^2 + (h_1 + h_2) j \omega;$$

$$a_{33} = c_2 + c_3^n - I_3 \omega^2 + (h_2 + h_2^n) j \omega; \quad a_{44} = c_3^n + c_4^n - I_4^n \omega^2 + (h_3^n + h_4^n) j \omega;$$

$$a_{55} = c_4^n - I_5^n \omega^2 + h_4^n j \omega; \quad a_{12} = a_{21} = -(c_1 + h_1 j \omega);$$

$$a_{23} = a_{32} = -(c_2 + h_2 j \omega); \quad a_{34} = a_{43} = -(c_3^n + h_3^n j \omega);$$

$$a_{45} = a_{54} = -(c_4^n + h_4^n j \omega).$$

Для режимов холостого хода в матрице  $[A]$  удерживаются три первых столбца и строки, а в третьем диагональном элементе следует принять  $c_3^n = h_3^n = 0$ . Собственные значения симметричной матрицы определяли методом вращения, согласно стандартной программе РО 665 по исходным данным, приведенным в работе [3].

На рис. 2 показано влияние параметров  $c_2$  и  $I_1$  на спектры собственных частот системы привода на режимах рабочего и холостого хода. Эти параметры выбраны на основании предварительного анализа форм

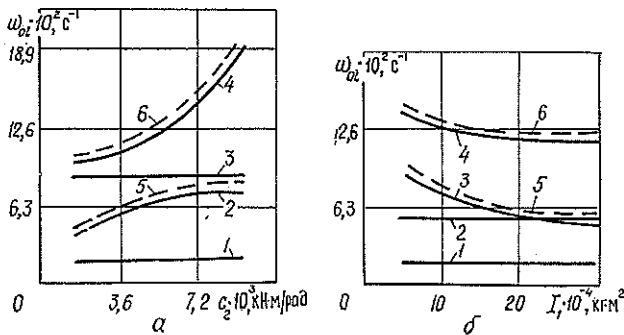


Рис. 2. Влияние жесткости вала  $c_2$  и момента инерции маховика  $I_1$  на спектры собственных частот: а — рабочий ход; 1, 2, 3, 4 — соответственно  $\omega_{01}$ ,  $\omega_{02}$ ,  $\omega_{03}$ ,  $\omega_{04}$ ; б — холостой ход; 5 —  $\omega_{01}$ , 6 —  $\omega_{02}$

колебаний, поскольку разность амплитуд угловых колебаний масс на концах вала, расположенного между кривошипом и поводком муфты сцепления, наибольшая, а максимальную амплитуду имеет масса маховика  $I_1$ . Существенное влияние величина  $I_1$  оказывает на  $\omega_{01}$  и  $\omega_{03}$ , соответственно, на режимах холостого и рабочего хода, а жесткость  $c_2$  — на высокочастотные составляющие спектра на обоих режимах. При увеличении момента инерции маховика до  $I_1 = 20 \cdot 10^{-4}$  кг · м<sup>2</sup> спектры будут включать следующие составляющие: на холостом ходе (6,2; 13,1) · 10<sup>2</sup> с<sup>-1</sup>, на рабочем — (1,7; 5,2; 5,6; 11,9) · 10<sup>2</sup> с<sup>-1</sup>, т. е. резонансы в системе привода исключены. Аналогичное решение может быть получено при уменьшении коэффициента жесткости  $c_2$  до величины  $3,6 \cdot 10^3$  кН · м/рад, что обеспечит спектр на холостом ходе — (6,5; 10,5) · 10<sup>2</sup> с<sup>-1</sup>, на рабочем — (1,8; 5,2; 5,5; 10,3) · 10<sup>2</sup> с<sup>-1</sup>. В опытном образце бензопилы для участка трансмиссии, расположенного между поводком муфты сцепления и кривошипом, была установлена упругая муфта, описание которой приведено в [2]. Она включает ведущую и ведомую полумуфты, между ними расположено упругое кольцо, к внешней и внутренней поверхности которого привулканизированы металлические втулки. Крутильную жесткость муфты вычисляют по формуле

$$c_M = c_2 c'_2 / (c'_2 - c_2),$$

где  $c'_2$  — крутильная жесткость указанного участка вала серийной бензопилы. При  $c'_2 = 1 \cdot 10^4$  кН · м/рад получаем  $c_M = 0,563 \cdot 10^4$  кН · м/рад.

Основные конструктивные параметры муфты можно определить по уравнениям [4]

$$h = \frac{4A'_c c_M}{3\pi E D^2}; \quad \sigma = \frac{M_3 A'_\sigma}{4b h D},$$

где  $A'_c, A'_\sigma$  — безразмерные параметры, зависящие от соотношения  $d_n/b$ ;

$d_n$  — диаметр отверстия в диске под палец;

$b = (D_2 - D_1) / 2$ ;  $D_1, D_2$  — соответственно, внутренний и наружный диаметр диска;

$E$  — модуль упругости материала диска;

$h$  — ширина диска;

$D$  — диаметр расположения пальцев;  
 $M_3$  — максимальный крутящий момент при заклинивании пильной цепи.

Например, для бензопилы МП-5 «Урал-2» расчетную жесткость  $c_m = 0,563 \cdot 10^4$  кН · м/рад можно получить при следующих параметрах муфты:  $d_n = 0,01$  м;  $D_1 = 0,039$  м;  $D_2 = 0,09$  м;  $D = 0,064$  м;  $h = 0,0385$  м;  $A'_c = 0,4$ ;  $A'_c = 12$ . Величины  $A'_c$  и  $A'_c$  определены по номограммам, приведенным в работе [4]. При выполнении диска из резины марки 2959 расчетные параметры обеспечивают запас прочности по напряжению, равный 1,35. Экспериментальная проверка крутильной жесткости второго участка трансмиссии с установленной упругой муфтой и спектра собственных частот трансмиссии на специальном стенде [1] подтвердила теоретический расчет (ошибка не превышает 12 %), что позволяет рекомендовать расчетные зависимости для практического применения.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. А. с. 682787 СССР, МКИ<sup>3</sup> G 01 M 19/00. Стенд для испытания переносных моторных пил / Э. А. Келлер (СССР).— № 2569155/29—15; Заявлено 17.01.78; Оpubл. 30.08.79, Бюл. № 32 // Открытия. Изобретения.— 1979.— № 32.— С. 150. [2]. А. с. 738875 СССР, МКИ<sup>3</sup> B 21 B 17/00. Переносная моторная пила / Э. А. Келлер, В. Д. Василенко (СССР).— № 2713407/29—15; Заявлено 17.01.79; Оpubл. 5.06.80, Бюл. № 21 // Открытия. Изобретения.— 1980.— № 21.— С. 76. [3]. Келлер Э. А. Определение критических оборотов системы привода бензиномоторных пил // Лесн. журн.— 1988.— № 6.— С. 120—123.— (Изв. высш. учеб. заведений). [4]. Поляков В. С., Барбаш И. Д., Ряховский О. А. Справочник по муфтам.— Л.: Машиностроение, 1979.— 368 с.

Поступила 6 февраля 1989 г.

УДК 630\*378.7

### ГИДРОДИНАМИКА ПОПЕРЕЧНОГО ПЕРЕМЕЩЕНИЯ БРЕВЕН ПО ВОДЕ СТОЙКАМИ

В. Я. ХАРИТОНОВ

Архангельский лесотехнический институт

При решении вопросов механизации лесосплавных работ широко используют поперечное перемещение бревен по воде стойками, траверсами или захватами [1, 3]. Форма и размеры рабочих органов, скорость перемещения, а следовательно, и производительность устройств определяются условиями гидродинамического взаимодействия бревен с водой, при котором не происходит подныривания бревен под перемещающие их органы.

Условия равновесия бревен при малых скоростях движения, когда обтекание их потоком можно считать безвихревым, рассмотрены в работе [2]. На практике обычно требуется большая скорость, когда с поверхности бревна периодически срываются вихри, вследствие чего возникает переменная направленная гидродинамическая подъемная сила Жуковского — Кутта ( $R_y$ ):

$$R_y = \rho \Delta \Gamma v_0 l, \quad (1)$$

где  $\rho$  — плотность воды;  
 $\Delta \Gamma$  — результирующая циркуляция скорости;  
 $v_0$  — скорость движения бревна (скорость обтекания);  
 $l$  — длина бревна.

Если вихри срываются с нижней половины поверхности бревна, то сила  $R_y$  направлена вверх, если с верхней — вниз (см. рисунок), что способствует подтоплению бревна. Вследствие конечности бревна с его торцов также срываются вихри, которые обуславливают угол скоса  $\gamma$  силы  $R_y$ :

$$\gamma = \frac{2\Delta\Gamma}{\pi v_0 l}. \quad (2)$$

Уравнение равновесия бревна в рассматриваемом случае имеет вид

$$P \frac{d}{2} \cos \alpha = R_x \left( \frac{d}{2} - z \right) + R_y e, \quad (3)$$

где  $P$  — архимедова сила для полностью затопленного бревна предельный случай),

$$P = \frac{\pi d^2}{4} l (\rho - \rho_0) g; \quad (4)$$

$d$  — средний диаметр бревна (допускаем, что бревно — цилиндр);

$z$  — осадка стойки;

$e$  — плечо силы  $R_y$ ;

$\rho_0$  — плотность бревна;

$g$  — ускорение свободного падения;

$R_x$  — сила лобового сопротивления бревна,

$$R_x = C_x \rho d l \frac{v_0^2}{2}; \quad (5)$$

$C_x$  — коэффициент лобового сопротивления.

Для определения подъемной силы необходимо знать результирующую циркуляцию

$$\Delta\Gamma = \int_{\hat{S}} 2v_0 \sin \theta dS, \quad (6)$$

где  $\theta$  — центральный угол, определяющий длину дуги циркуляции;

$S$  — дуга контура циркуляции, ее элемент  $dS = \frac{d}{2} d\theta$ .

Если с некоторым допущением принять, что срыв вихрей происходит на верхней четверти поверхности бревна (по контуру от точки  $B$  до точки  $C$  на рисунке), то длина дуги циркуляции  $S = \frac{\pi}{4} d$  (от точки  $A$  до точки  $C$ ) и решение уравнения (6) запишется так:

$$\Delta\Gamma = v_0 d \int_0^{\pi/2} \sin \theta d\theta.$$

После интегрирования

$$\Delta\Gamma = v_0 d. \quad (7)$$

Тогда подъемная сила (1)

$$R_y = \rho d l v_0^2.$$

Приведем эту формулу к общепринятому виду

$$R_y = C_y \rho d l \frac{v_0^2}{2}, \quad (8)$$

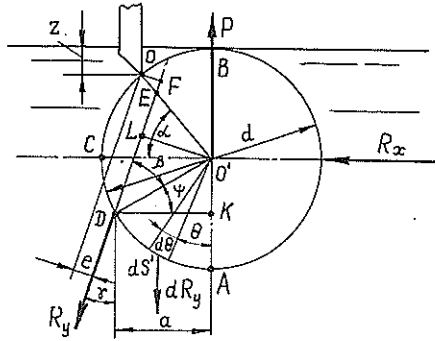


Схема гидродинамического взаимодействия бревна и стойки

где  $C_y$  — коэффициент подъемной силы Жуковского — Кутта (в рассматриваемом случае  $C_y = 2$ ).

Угол скоса (2)

$$\gamma = \frac{2d}{\pi l}.$$

Точку приложения равнодействующей силы  $R_y$  найдем, используя теорему о равенстве момента этой силы относительно оси сумме моментов составляющих сил относительно той же оси.

Пренебрегая углом скоса, запишем уравнение момента элементарной силы  $dR_y$  (см. рисунок) относительно оси  $A$ :

$$dM_A = dR_y \frac{d}{2} \sin \theta,$$

где  $dR_y$  — элементарная подъемная сила, приходящаяся на элемент площади поверхности бревна с длиной дуги контура  $dS$ .

Дифференцируя (1) и (6), получим:

$$dR_y = \rho v_0 l d(\Delta \Gamma);$$

$$d(\Delta \Gamma) = v_0 d \sin \theta d\theta.$$

Тогда после преобразований

$$dM_A = \frac{1}{2} \rho v_0^2 l d^2 \sin^2 \theta d\theta.$$

После интегрирования в пределах изменения  $\theta$  от 0 до  $\pi/2$  получим

$$M_A = \frac{\pi}{8} \rho l d^2 v_0^2. \quad (9)$$

Момент равнодействующей силы  $R_y$  (см. рисунок)

$$M_A = R_y a$$

или

$$M_A = C_y \rho d l \frac{v_0^2}{2} a. \quad (10)$$

Приравнивая правые части формул (9) и (10), находим после преобразований:

$$a = \frac{\pi d}{4 C_y}. \quad (11)$$

Плечо силы  $R_y$  относительно оси вращения бревна при подныривании под стойку (точка  $O$ ) найдем, используя треугольники  $OFE$  и  $O'LE$  (см. рисунок):

$$e = OF = OE \cos(\alpha - \gamma),$$

где

$$OE = \frac{d}{2} - O'E; \quad O'E = \frac{O'L}{\cos(\alpha - \gamma)}.$$

Из треугольника  $O'DL$

$$O'L = \frac{d}{2} \sin \beta,$$

где

$$\beta = \frac{\pi}{2} - (\gamma + \psi). \quad (12)$$

Из треугольника  $O'KD$

$$\cos \psi = \frac{2a}{d}. \quad (13)$$

При  $C_y = 2$   $a = \frac{\pi d}{8}$  и  $\cos \psi = \frac{\pi}{4}$ .

Из рисунка

$$\alpha = \arcsin \left( 1 - \frac{2z}{d} \right). \quad (14)$$

Рабочая формула для определения плеча  $e$  силы  $R_y$  имеет вид

$$e = \frac{d}{2} [\cos(\alpha - \gamma) - \sin \beta]. \quad (15)$$

В уравнение (3) подставим выражения для  $P$  (4),  $R_x$  (5),  $R_y$  (8),  $\alpha$  (14) и  $e$  (15). После преобразований получим рабочее уравнение для определения осадки  $z$  методом итераций

$$\begin{aligned} \pi d g (1 - \delta) \sqrt{\frac{z}{d} \left( 1 - \frac{z}{d} \right)} = v_0^2 \left[ C_x \left( 1 - \frac{2z}{d} \right) + \right. \\ \left. + C_y (\cos(\alpha - \gamma) - \sin \beta) \right], \quad (16) \end{aligned}$$

где  $\delta$  — относительная плотность бревна ( $\delta = \rho_0/\rho$ ).

Максимально допустимую скорость перемещения бревен стойками из условий подтопления силой  $R_y$  определим из уравнения (см. рисунок)

$$P = R_y \cos \gamma,$$

откуда

$$v_{0 \max} = \sqrt{\frac{\pi d g (1 - \delta)}{2 C_y \cos \left( \frac{2d}{\pi l} \right)}}. \quad (17)$$

Например, для бревна  $d = 0,6$  м,  $l = 4,0$  м,  $\delta = 0,8$  при  $C_x = 0,9$  [3] и  $C_y = 2,0$  по формуле (17)  $v_{0 \max} = 0,96$  м/с, а для бревна  $d = 0,1$  м при прочих равных условиях  $v_{0 \max} = 0,39$  м/с, что говорит о необходимости выполнения стоек вогнутыми или с большой осадкой во избежание подныривания бревен.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Осипов П. Е., Орлов В. В. Механизированная сортировка лесоматериалов на воде // Лесн. пром-сть.— 1980.— № 7.— С. 17—18. [2]. Харитонов В. Я. Расчет механизированного сортировочного коридора.— Архангельск: АЛТИ, 1980.— 36 с. [3]. Щербаков В. А. Лесосплавные рейды.— М.: Лесн. пром-сть, 1979.— 248 с.

Поступила 26 мая 1989 г.

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ  
И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

УДК 674.031.772.224.3

ЗАВИСИМОСТЬ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ  
ДРЕВЕСИНЫ ЯВОРА ОТ ЕЕ ВЛАЖНОСТИ

И. С. ВИНТОНОВ

Львовский лесотехнический институт

Качественные характеристики древесины тесно связаны с изменением ее влажности в микроструктуре клеточных стенок. В частности, интенсивность водопоглощения древесиной зависит от начальной влажности и ее адсорбционной и сорбционной способности на уровне микропор [3—6]. Увеличение влажности в клеточных оболочках до предела насыщения приводит к возрастанию их объема и уменьшению прочности. Известно [3], что при комнатной температуре предел насыщения и предел гигроскопичности клеточных стенок древесины отдельной породы идентичны. Однако требуется различное время для насыщения клеточных стенок водой при выдержке древесины в среде влажного воздуха (относительная насыщенность влажностью воздуха  $\varphi = 0,992$ ) и в воде. В этих двух случаях увеличение объема от комнатно-сухого состояния до полного насыщения одинаковое, и древесина вновь достигает естественной структуры, сформированной в растущем дереве.

Связанную воду в клеточной стенке разделяют в порядке возрастания местоположения ее от поверхности микрофибрилл на моно- и полимолекулярную адсорбционную и небольшое количество капиллярно-конденсационной [6, 7]. Величину форм влаги в клеточной стенке определить трудно, а предел насыщения их водой можно найти по ГОСТ [2] и методике О. И. Полубояринова и А. М. Сорокина [3]. Приблизительно, косвенным путем, можно установить величину полимолекулярной воды в клеточной стенке, включая и мономолекулярную, определив прочность древесины при различной влажности. Используя стандартные методы и указанный способ [3], для древесины явора можно определить предел насыщения, водопоглощение, плотность, разбухание и прочность при изменении влажности до предела насыщения.

Для определения некоторых физико-механических свойств древесины явора в связи с изменением влажности использовали две партии образцов ( $20 \times 20 \times 30$  мм), выдержанных до комнатно-сухого состояния в естественных условиях. Одну партию высушивали в сушильном шкафу и подвергали испытанию на объемное разбухание и определение предела насыщения. Во второй партии находили водопоглощение от комнатно-сухого состояния, объемное разбухание через 2, 5, 22 ч, 15 и 25 сут. На образцах из этих двух партий определена базисная, парциальная плотности и прочность при различной гигроскопической влажности.

Результаты исследований основной плотности, влажности, частичной усушки и разбухания комнатно-сухой древесины явора приведены в табл. 1.

Данные табл. 1 показали, что древесина явора в комнатно-сухом состоянии за 22 ч адсорбирует почти максимальное количество полимолекулярной воды. Образцы древесины модельных деревьев с большей базисной плотностью характеризуются несколько меньшим водопоглощением и увеличением объемного разбухания.

Базисная плотность для исследуемой древесины явора находилась в пределах от 440 до 530 кг/м<sup>3</sup>, а ее парциальная плотность — от 481



Таблица 1

Номер модельного дерева	Базисная плотность, кг/м <sup>3</sup>	Парциальная плотность, кг/м <sup>3</sup>	Усушка объемная, %	Объемное разбухание комнатно-сухой древесины, %, за время				
				2 ч	5 ч	22 ч	15 сут	25 сут
1	28,5	10,6	10,6	26,3	39,6	66,0	107,6	116,3
	500	554	4,96	3,6	5,0	9,2	10,3	—
2	28,5	12,7	12,7	38,4	46,5	71,0	125,3	137,0
	440	481	4,41	3,4	4,6	8,0	8,7	—
3	28,5	7,6	7,6	26,4	34,3	54,7	95,5	106,0
	530	590	2,54	4,24	6,49	11,1	12,2	—
4	28,5	10,2	10,2	34,0	38,2	66,3	118,4	130,0
	460	493	4,02	3,0	4,1	7,8	8,1	—
5	28,5	11,9	11,9	39,4	45,7	69,6	114,8	130,0
	470	485	3,96	4,3	5,4	7,4	8,0	—

Примечание. В числителе показатели влажности, %; в знаменателе — физические показатели при данной влажности.

Таблица 2

Влияние влажности на прочность древесины явора при сжатии вдоль волокон

№ п/п	Влажность			Прочность					
	n	M, %	± σ, %	n	M, МПа	± σ, МПа	± m, МПа	v, %	p, %
1	—	0,0	—	33	74,2	7,06	1,23	9,51	1,65
2	31	7,7	1,05	31	55,1	7,98	1,43	14,49	2,60
3	—	12,0	—	21	43,1	5,53	1,21	12,81	2,80
4	32	17,9	5,21	22	36,0	6,65	1,42	18,45	3,94
5	32	103,4	18,41	31	28,1	4,54	0,82	16,17	2,90

Примечание. n, M, ± σ, ± m, v, p — статистические показатели.

до 590 кг/м<sup>3</sup> при влажности от 12,7 до 7,6 %. Показатель предела насыщения клеточных оболочек и характер влияния связанной воды на прочность при сжатии вдоль волокон приведены в табл. 2 и на рис. 1, 2. Предел насыщения (рис. 2), определенный через разбухание, состав-

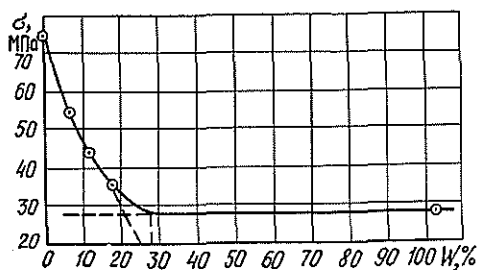


Рис. 1. Изменение прочности древесины явора σ в связи с увеличением связанной влажности W до предела насыщения.

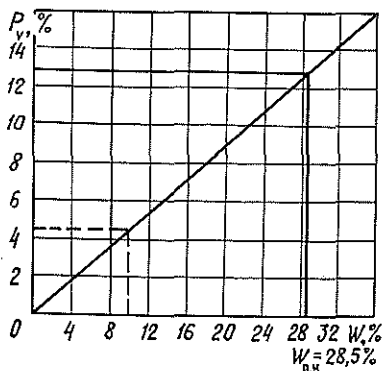


Рис. 2. Предел насыщения (гигроскопичности) клеточных оболочек древесины явора

Таблица 3

Показатель	Единица измерения	Значения показателя для древесины									
		абс. сухой	комнатно-сухой	комнатно-сухой при времени выдержки в воде					25 сут		
				2 ч	5 ч	22 ч	15 сут				
Объемное разбухание абс. сухой древесины	%	—	4,0 0,51	7,7 1,00	9,3 1,20	12,7 1,64	—	—	—	—	—
Объемное разбухание комнатно-сухой древесины	»	—	—	3,71 1,00	5,12 1,38	8,70 2,34	9,50 2,56	—	—	—	—
Водопоглощение комнатно-сухой древесины	»	—	—	32,9 1,00	40,9 1,24	65,5 1,99	112,3 3,41	123,9 3,76	—	—	—
Связанная влажность	»	—	10,6 0,59	18,0 1,00	21,0 1,16	28,5 1,59	—	—	—	—	—
Влажность образцов, испытанных на прочность	»	0	7,7 0,43 ; 12,0 0,67	17,9 1,00	21,0 1,17	103,4 5,77	—	—	—	—	—
Прочность при сжатии вдоль волокон	МПа	74,2 2,06	55,1 1,53 ; 43,1 1,20	36,0 1,00	32,0 0,89	28,1 0,78	—	—	—	—	—

Примечание. В числителе — абсолютные величины; в знаменателе — физические показатели при 2-часовой выдержке в воде приняты за единицу.

вил 28,5 %. На уровне насыщения клеточных стенок прочность при сжатии вдоль волокон (табл. 2) равна 28,1 МПа. Для сухой древесины явора этот показатель составил 74,2 МПа.

Определенные по графикам значения связанной влаги в фиксированное время водопоглощения, разбухание в это же время и показатели прочности при различной степени увлажнения позволяют установить величину полимолекулярной и капиллярно-конденсационной воды (табл. 3). За базу отсчета и определения относительных коэффициентов приняты 2-часовое разбухание комнатно-сухой древесины в воде и другие исследуемые характеристики. В пределах 22-часового разбухания комнатно-сухой древесины явора в воде (табл. 3) наблюдается линейная связь между связанной влагой и разбуханием. Данные исследований (рис. 2, табл. 3) подтверждают также линейную связь между прочностью и связанной влажностью в диапазоне от 7,7 до 21 %.

По характеру связей влажности от 7,7 до 21 % с компонентами клеточных оболочек можно констатировать, что эта вода полимолекулярная связанная, переходящая в капиллярно-конденсационную от 22 до 28,5 %. Следовательно, для исследованной древесины явора в возрасте 60 лет полимолекулярная влажность совместно с мономолекулярной составляет 22 %. С изменением структуры и с возрастом древесины явора предел насыщения несколько изменяется. Особенно заметно предел насыщения меняется в аномальных структурах древесины явора («птичий глаз», «курчавый») [1]. С возрастом количество связанной влаги в древесине явора уменьшается за счет заполнения микрорупор ядровыми веществами.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. Винтонив И. С. Некоторые физико-механические свойства свилевой древесины явора // Лесн. журн.— 1981.— № 6.— С. 56—58.— (Изв. высш. учеб. заведений). [2]. ГОСТ 16483.36—80. Древесина. Методы определения объемного разбухания.— Взамен ГОСТ 16483.8—71. [3]. Древесиноведение с основами лесного товароведения / О. И. Полубояринов, А. М. Сорокин // Методические указания к проведению лабораторных работ по физико-механическим испытаниям древесины.— Л.: ЛТА, 1985.— 35 с. [4]. Полубояринов О. И. Плотность древесины.— М.: Лесн. пром-сть, 1976.— 159 с. [5]. Уголев Б. Н. Древесиноведение с основами лесного товароведения: Учеб. для вузов.— 2-е изд., перераб. и доп.— М.: Лесн. пром-сть, 1986.— 368 с. [6]. Чудинов Б. С. Вода в древесине.— Новосибирск: Наука, 1984.— 370 с. [7]. K r s y s i k F. Nauka o drewnie.— Warszawa, 1978.— 653 s.

Поступила 5 июля 1989 г.

УДК 630\*812

### ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДРЕВЕСИНЫ БЕРЕЗОВЫХ КАПОВ

О. И. ПОЛУБОЯРИНОВ, И. В. НАЗАРОВ, Т. А. МАҚАРЬЕВА

Ленинградская лесотехническая академия

Капы представляют собой наросты на стволах различных древесных пород, образующиеся в результате ненормального разрастания большого числа спящих или придаточных почек. Поверхность капов острубугорчатая, и по этому признаку они отличаются от обычных наростов — сувелей.

В древесиноведении и лесном товароведении капы рассматривают как пороки формы ствола [1] и вместе с тем как источник высококачественной декоративной древесины. Несколько фирм в Зап. Европе специализируются на производстве шпона из капового сырья [6]. В СССР ведущее предприятие по производству изделий из древесины березовых капов — Кировская фабрика «Идеал».

Исследованию капов посвящена довольно обширная литература. Главное место в ней занимают работы, в которых рассмотрены природа и встречаемость капов, а также структура их древесины. Однако технические свойства исследованы очень слабо [2—4, 7, 8].

Цель наших исследований — получить данные о важнейших свойствах древесины березовых капов: плотности, усушке, разбухании, пределе гигроскопичности, а также ее звукопроводности.

Опытный материал собирали в насаждениях Юрюзанского комплексного лесопромхоза (Челябинская обл.), территория которого относится к одному из трех главных районов заготовки капов березы в СССР.

Заготовки, предназначенные для изготовления стандартных опытных образцов, были вырезаны из 12 прикорневых капов, обнаруженных на деревьях в пределах двух заложённых пробных площадей. Площадь № 1 представляет собой насаждение

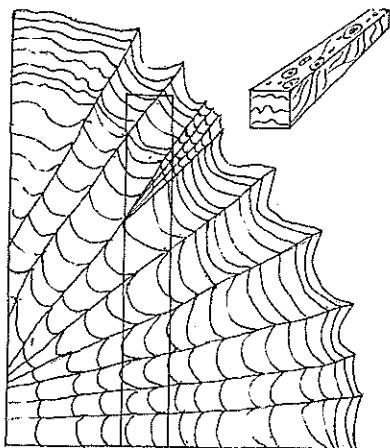


Схема вырезки образца (стержня) из капа для древесинovedческих исследований

экспоненциальных уравнений. После определения предела гигроскопичности по известным формулам вычисляли коэффициенты объемного разбухания и объемной усадки.

При проведении звуковых испытаний (на образцах длиной 200 мм) импульсным ультразвуковым методом использовали прибор УКБ-1М. Скорость распространения звука находили по продолжительности распространения упругой продольной волны по длине образца.

Результаты исследований представлены в таблице.

Как видно из данных таблицы, по показателям всех видов плотности каповая древесина с площади № 2 практически не отличается от нормальной, а с площади № 1 оказалась ниже нормальной на 15...20%. По данным работ [3, 7], плотность каповой древесины в среднем мало отличается от нормальной. По сравнению с нормальной древесиной следует отметить большую изменчивость плотности каповой. Характерна большая изменчивость плотности как внутри партий сырья, так и особенно внутри отдельно взятых капов. Плотности двух соседних сантиметровых участков каповой древесины могут отличаться на 16...18%, причем большей плотностью характеризуются участки, в наибольшей степени пронизанные глазками.

Из-за наличия путаной свилеватости каповой древесины невозможно определить показатели линейной усадки и линейного разбухания. По показателям объемной влажностной деформации каповая древесина превосходит нормальную. Эти различия проявляются в еще большей степени при сравнении коэффициентов объемного разбухания и объемной усадки. Необходимые для их расчета показатели предела гигроскопичности были определены, как уже указывалось, методом сравнения влагопоглощения и объемного разбухания древесины. В рамках настоящего исследования был подтвержден линейный характер между влагопоглощением и объемным разбуханием обычной березовой древесины, установленный в ранее опубликованной работе [5]. Что касается каповой древесины, то несколько меньшие ошибки аппроксимации были установлены при использовании степенной и экспоненциальной функции. В итоговой таблице, представленной в настоящей статье, приведены усредненные показатели пределов гигроскопичности, рассчитанные по названным уравнениям.

В соответствии с особой структурой каповой древесины, приближающейся к изотропной, показатели ее звукопроводности заняли среднее положение между величинами, характеризующими скорость звука

с преобладанием сосны, № 2 — с преобладанием березы. Возраст деревьев с капами — 70...80 лет. Общая масса заготовок (включая контрольную нормальную древесину) составила 30 кг.

Образцы вырезали из капов по схеме, изображенной на рисунке. Из ствольной (нормальной) древесины были вырезаны как продольные, так и поперечные (радиальные) образцы. Сечение всех образцов — 20 × 20 мм. Испытание их производили в лаборатории кафедры защиты леса и древесиноведедения ЛТА.

Показатели плотности древесины определяли на образцах размером 20 × 20 × 30 мм по стандартной методике (ГОСТ 16483.1—84). Предел гигроскопичности находили по методике [5] по соотношению влагопоглощения и объемного разбухания. При обработке данных испытаний предел гигроскопичности нормальной и каповой древесины был рассчитан тремя способами: с использованием линейных, степенных и

Показатели физических свойств древесины березовых капов

Показатель	Число исследованных образцов (по каждому виду древесины)	Численные значения показателя по видам древесины		
		нормальной	каповой	
			с пробной площадью № 1	с пробной площадью № 2
Плотность в абс. сухом состоянии, кг/м <sup>3</sup>	20	$\frac{576}{520 \dots 610}$	$\frac{495}{451 \dots 640}$	$\frac{575}{531 \dots 603}$
Плотность при влажности 12 %, кг/м <sup>3</sup>	20	$\frac{600}{546 \dots 640}$	$\frac{523}{469 \dots 672}$	$\frac{604}{558 \dots 633}$
Базисная плотность, кг/м <sup>3</sup>	20	$\frac{475}{433 \dots 508}$	$\frac{395}{361 \dots 513}$	$\frac{466}{432 \dots 490}$
Полное объемное разбухание, %	20	$\frac{21,4}{18,9 \dots 23,6}$	$\frac{25,4}{19,4 \dots 27,5}$	$\frac{23,4}{20,1 \dots 26,8}$
Полная объемная усушка, %	20	$\frac{17,6}{15,9 \dots 19,0}$	$\frac{20,3}{16,2 \dots 21,6}$	$\frac{19,0}{16,7 \dots 21,0}$
Предел гигроскопичности, %	15	$\frac{34,8}{29,5 \dots 36,3}$	$\frac{30,0}{28,1 \dots 32,1}$	$\frac{33,6}{30,1 \dots 37,5}$
Коэффициент объемного разбухания	15	$\frac{0,61}{0,59 \dots 0,65}$	$\frac{0,85}{0,81 \dots 0,87}$	$\frac{0,70}{0,64 \dots 0,74}$
Коэффициент объемной усушки	15	$\frac{0,51}{0,49 \dots 0,55}$	$\frac{0,68}{0,64 \dots 0,70}$	$\frac{0,57}{0,51 \dots 0,61}$
Звукопроводность, м/с, в направлении продольном (вдоль волокон)	10	$\frac{5\ 876}{5\ 620 \dots 5\ 990}$	—	—
радиальном (поперек волокон)	10	$\frac{1831}{1\ 450 \dots 2\ 010}$	—	—
продольном (по длине образца)	15	—	$\frac{2\ 443}{2\ 197 \dots 2\ 511}$	$\frac{2\ 509}{2\ 177 \dots 2\ 981}$

Примечание. В числителе — средние значения, в знаменателе — крайние. Звукопроводность определяли на образцах с влажностью 8...10 %.

некаповой древесины в продольном (вдоль волокон) и поперечном (радиальном) направлении. Исходя из полученных данных, следует охарактеризовать каповую древесину березы как материал, обладающий невысокими акустическими свойствами.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Вакин А. Т., Полубояринов О. И., Соловьев В. А. Пороки древесины.— М.: Лесн. пром-сть, 1980.— 112 с. [2]. Добринов И., Найденов Я. Капообразоване при някон широколистни дървесни видове // Горско стопанство.— 1970.— № 9.— С. 38—42. [3]. Козьмин А. В. Биологические особенности и опыт выращивания капов и сувелей у березы // Лесоведение.— 1987.— № 5.— С. 63—69. [4]. Любавская А. Я. Лесная селекция и генетика.— М.: Лесн. пром-сть, 1982.— 288 с. [5]. Полубояринов О. И. Предел гигроскопичности древесины основных древесных пород СССР по районам произрастания // Лесоводство, лесные культуры и почвоведение: Межвуз. сб. науч. тр. / ЛТА.— Л., 1984.— С. 95—98. [6]. Matzek R. Die Herstellung von Maserfurnieren // Holz-Aktuell.— 1983.— N 4.— S. 22—27. [7]. Václav E., Kucera B., Rezábková J. Anatomické, fyzikální a mechanické znaky a vlastnosti dřeva svalcovité, ockové a plamenné brízy // Sb. Veb. lecn.

ustavu / VSZ Praha.— 1969.— 111—127. [8]. Wicker M. Structure et densite de bois de tumeurs de chene et dehetre // Rev. gen. bot.— 1970.— 499—517.

Поступила 13 апреля 1989 г.

УДК 674.053 : 621.93 : 674.093.05

## МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЧАСТОТЫ ОСТАНОВОК ЛЕСОПИЛЬНОЙ РАМЫ ДЛЯ ПЕРЕНАСТРОЙКИ ПИЛ ПОСТАВА НА ЗАДАННУЮ ТОЛЩИНУ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ

Н. И. КОВЗУН

ЦНИИМОД

В предыдущей работе\* изложен метод определения частоты остановок лесопильной рамы для перенастройки одной пары пил на заданную толщину пиломатериалов в зависимости от толщины межпилыной прокладки.

Взаимосвязь этих параметров показана на рис. 1. На рис. 1, а изображено состояние настройки, когда остановки лесопильной рамы

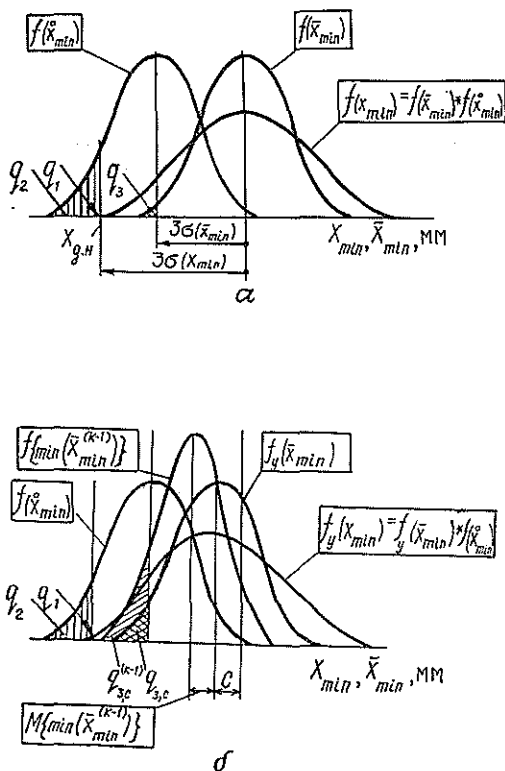


Рис. 1. Статистическая модель настройки лесопильной рамы на заданную толщину пиломатериалов: а — частота остановок для перенастройки при  $q_3 = 0$ ; б — частота остановок увеличена до существенной величины  $q_3, C$  за счет уменьшения толщины межпилыной прокладки на величину  $C$ ;  $q_1$  — уровень дефектности в суммарном распределении минимальных толщин пиломатериалов  $f(X_{min})$ , полученных от всех пар пил, станков, настроек;  $q_2$  — уровень дефектности в распределении минимальных толщин пиломатериалов  $f(\bar{X}_{min})$ , выработанных парой пил за одну настройку;  $q_3, C$  — частота перенастроек одной пары пил в распределении средних значений минимальных толщин пиломатериалов  $f(\bar{X}_{min})$ , полученных в разных настройках соответственно для случая, когда  $C = 0$  и  $C < 0$ ;  $q_3, C^{(k-1)}$  — частота перенастроек постава из  $(k-1)$  пар пил в распределении средних значений минимальных толщин пиломатериалов  $f\{min(\bar{X}_{min}^{(k-1)})\}$ , выработанных самым «узким» пильным промежутокком в постава в разных настройках;  $f_y(\bar{X}_{min})$  и  $f_y(X_{min})$  — усеченные распределения толщин пиломатериалов, полученные в результате перенастройки поставов пил на заданную толщину пиломатериалов;  $X_{д.н}$  — нижняя граница поля допуска пиломатериалов

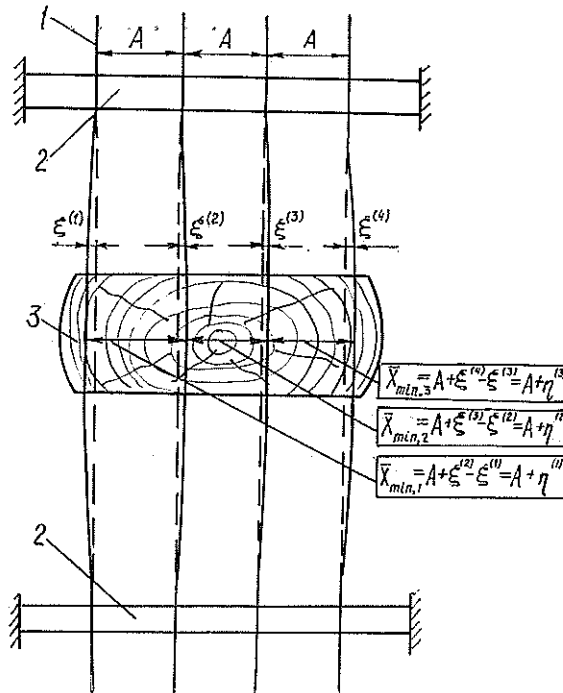
\* Ковзун Н. И. Метод расчета толщины межпилыной прокладки и взаимосвязанных с нею параметров // Лесн. журн.— 1988.— № 5.— С. 63—71.— (Изв. высш. учеб. заведений).

на перенастройку не планируются. Этому состоянию соответствуют нормативы: уровень дефектности  $q_1$  в суммарном распределении минимальных толщин пиломатериалов  $f(X_{min})$ , полученных от всех пар пил, станков и настроек; уровень дефектности  $q_2$  в распределении минимальных толщин пиломатериалов  $f(\bar{X}_{min})$ , выработанных парой пил за одну настройку, и частота перенастроек одной пары пил  $q_3$  в распределении средних значений минимальных толщин пиломатериалов  $f(\bar{X}_{min})$ , полученных в разных настройках. На рис. 1, б частота перенастроек пары пил увеличена с пренебрежимо малой величины  $q_3$  до существенной  $q_3, c$  за счет уменьшения исходной толщины прокладки на величину  $C$ . Зная статистические оценки точности технологического процесса рамной распиловки, можно легко рассчитать для конкретного значения  $C$  частоту остановок лесопильной рамы для перенастройки, если в ней установлена одна пара пил. Однако в лесопильной раме число пил  $k$  может достигать 20, и каждая пара пил потребует остановки лесопильной рамы на перенастройку с частотой  $q_3, c$ . Причем к остановке рамы может привести необходимость перенастройки как одной, так и нескольких пар пил постава одновременно.

Однако вычислить частоту остановок лесопильной рамы для перенастройки  $(k-1)$  пар пил как совместные события  $q_{3,c}^{(k-1)} = q_3, c$  нельзя, так как из неправильной настройки одной пары пил не следует неправильная настройка других пар пил постава. В то же время ее нельзя вычислить и как частоту несовместных событий  $q_{3,c}^{(k-1)} = (k-1) q_3, c$ , так как из неправильной настройки пары пил не следует правильная настройка других пар пил постава.

В данной статье изложен метод определения частоты остановок лесопильных рам для перенастройки пил постава на заданную толщину пиломатериалов в зависимости от числа пил в постава и толщины межпилыной прокладки и показано практическое его применение.

Рис. 2. Схема возможного положения пил постава в процессе распиловки в конкретной настройке:  $\bar{X}_{min}$  — случайная величина — среднее значение минимальной толщины пиломатериалов, полученных от одной пары пил за одну настройку;  $A = M\{\bar{X}_{min}\}$  — заданное значение минимальной толщины пиломатериалов, равное математическому ожиданию средних значений минимальных толщин пиломатериалов, полученных от всех пар пил, настроек и станков;  $\xi$  — случайная величина — отклонение пилы в процессе распиловки от первоначальной линии натяжения;  $\eta = \bar{X}_{min} - A$  — случайная величина — отклонение среднего значения минимальных толщин пиломатериалов от заданного значения минимальной толщины; 1 — пила; 2 — межпилыная прокладка; 3 — брус



В основу метода расчета положено распределение среднего значения минимальных толщин пиломатериалов, выработанных самым «узким» пильным промежутком постова, — случайная величина  $CB \{ \min (\bar{X}_{min}^{(1)}, \bar{X}_{min}^{(2)}, \dots, \bar{X}_{min}^{(k-1)}) \}$ .

Рассмотрим сначала формирование случайной величины — среднего значения минимальных толщин пиломатериалов, выработанных произвольным пильным промежутком постова,  $CB \{ \bar{X}_{min} \}$ .

На рис. 2 изображена схема возможного положения пил постова в процессе распиловки. В качестве модели распределения отклонения пил от первоначальной линии натяжения принят нормированный закон распределения Лапласа  $CB \{ \xi^{(i)} \}$ , где  $i = 1, 2, \dots, k$ . Нормальность распределения отклонения пил доказана предыдущими исследованиями и согласуется с физическим смыслом. Значения  $CB \{ \xi^{(i)} \}$  независимы. Тогда уравнение  $CB \{ \bar{X}_{min}^{(i-1)} \}$  для  $(i-1)$ -й доски постова в  $j$ -й настройке, согласно рис. 2, примет вид:

$$\begin{aligned} CB \{ \bar{X}_{min}^{(i-1)} \} &= A + CB \{ \xi_j^{(i)} \} - CB \{ \xi_j^{(i-1)} \} = \\ &= A + CB \{ \eta_j^{(i-1)} = \xi_j^{(i)} - \xi_j^{(i-1)} \}, \end{aligned}$$

где  $i = 1, 2, \dots, k; \quad j = 1, 2, \dots, n$ .

Следовательно, задача нахождения  $CB \{ \bar{X}_{min} \}$  свелась к нахождению  $CB \{ \eta \}$ . Ряды распределений  $CB \{ \eta \}$  были получены методом статистических испытаний с использованием датчика случайных чисел по следующему алгоритму. В ЭВМ вводили случайное число  $b^{(i)}$ , и для каждого из них получали ряд распределения отклонений пилы от первоначального положения в разных настройках:

$$\xi_1^{(1)}, \xi_2^{(1)}, \dots, \xi_n^{(1)};$$

$$\xi_1^{(2)}, \xi_2^{(2)}, \dots, \xi_n^{(2)};$$

.....

$$\xi_1^{(k)}, \xi_2^{(k)}, \dots, \xi_n^{(k)}.$$

Для условий испытаний принято  $n = 100$ .

Ряды  $\xi^{(i)}$  представляют собой нормированное распределение Лапласа с  $M_\xi = 0$  и  $\sigma_\xi = 1$ . Далее для каждой  $j$ -й настройки вычисляем  $CB \{ \eta^{(i-1)} = \xi^{(i)} - \xi^{(i-1)} \}$ . В результате получили ряды распределения отклонений толщины доски от заданной

$$\eta_1^{(1)} = \xi_1^{(2)} - \xi_1^{(1)}, \eta_2^{(1)} = \xi_2^{(2)} - \xi_2^{(1)}, \dots, \eta_n^{(1)} = \xi_n^{(2)} - \xi_n^{(1)};$$

$$\eta_1^{(2)} = \xi_1^{(3)} - \xi_1^{(2)}, \eta_2^{(2)} = \xi_2^{(3)} - \xi_2^{(2)}, \dots, \eta_n^{(2)} = \xi_n^{(3)} - \xi_n^{(2)};$$

.....

$$\eta_1^{(k-1)} = \xi_1^{(k)} - \xi_1^{(k-1)}, \eta_2^{(k-1)} = \xi_2^{(k)} - \xi_2^{(k-1)}, \dots, \eta_n^{(k-1)} = \xi_n^{(k)} - \xi_n^{(k-1)}.$$

Ряды  $\eta^{(i-1)}$  представляют собой распределение Лапласа с  $M_\eta = 0$  и  $\sigma_\eta = \sigma_\xi \sqrt{2}$ .

Искомую  $CB \{ \min (\eta^{(k-1)}) \}$  получили отбором в каждой  $j$ -й настройке наименьшего отклонения минимальной толщины от заданного значения. Ряды  $CB \{ \min (\eta^{(k-1)}) \}$  для заданного числа пил  $k = 2 \dots 20$  снова вводили в ЭВМ при определении их статистических оценок. За-



зависимости математического ожидания  $M$  и среднего квадратичного отклонения  $\sigma$  от  $k$  для исследованного интервала  $k = 2 \dots 20$  приближенно можно описать следующими формулами:

$$M \{ \min (\eta^{(k-1)}) \} = -2,68 + \frac{5,43}{k}; \quad (1)$$

$$\sigma \{ \min (\eta^{(k-1)}) \} = 0,56 + \frac{1,64}{k}. \quad (2)$$

Проверка согласия опытного и теоретического распределения  $CB \{ \min (\eta^{(k-1)}) \}$  выполнена по критериям Пирсона и Колмогорова. В результате в качестве теоретического закона распределения  $CB \{ \min (\eta^{(k-1)}) \}$  принят нормальный закон.

Известно, что если случайную величину умножить на неслучайный коэффициент  $k$ , то на этот же коэффициент нужно умножить ее среднее значение и среднее квадратичное отклонение. Все значения  $CB \{ \xi^{(k)} \}$  умножим на коэффициент  $\sigma \{ \bar{X}_{min} \} / \sqrt{2}$  и от уравнений (1), (2), которые соответствуют  $\sigma_{\eta} = \sqrt{2}$ , перейдем к следующим равенствам:

$$M \{ \min (\bar{X}_{min}^{(k-1)}) \} = \frac{\sigma \{ \bar{X}_{min} \}}{\sqrt{2}} \left( -2,68 + \frac{5,43}{k} \right); \quad (3)$$

$$\sigma \{ \min (\bar{X}_{min}^{(k-1)}) \} = \frac{\sigma \{ \bar{X}_{min} \}}{\sqrt{2}} \left( 0,56 + \frac{1,64}{k} \right). \quad (4)$$

Здесь  $\sigma \{ \bar{X}_{min} \}$  — среднее квадратичное отклонение среднего значения минимальной толщины пиломатериалов в разных настройках.

Полученные зависимости показывают, что с увеличением числа пил возрастает  $M$ , т. е. увеличивается смещение в сторону нижней границы поля допуска кривой распределения  $f \{ \min (\bar{X}_{min}^{(k-1)}) \}$ , а ее  $\sigma$  уменьшается. Наиболее интенсивное изменение значений  $M$  и  $\sigma$  происходит в области  $k \leq 8$  пил в поставе.

Расположение кривой распределения  $f \{ \min (\bar{X}_{min}^{(k-1)}) \}$  по отношению к кривой распределения  $f \{ \bar{X}_{min} \}$  показано на рис. 1, б. Из рисунка видно, что  $q_{3, c} \neq q_{3, c}^{(k-1)}$  и что при изменении первоначального положения границ поля допуска настройки за счет уменьшения толщины межпилльной прокладки на величину  $C$  разница между ними будет меняться.

Частоту остановок лесопильной рамы в зависимости от числа пил в поставе и толщины межпилльной прокладки рассчитывали по формуле

$$\begin{aligned} q_{3, c}^{(k-1)} &= F \left( \frac{3\sigma \{ \bar{X}_{min} \} + M \{ \min (\bar{X}_{min}^{(k-1)}) \} + C}{\sigma \{ \min (\bar{X}_{min}^{(k-1)}) \}} \right) = \\ &= F \left( \frac{3\sigma \{ \eta \} + M \{ \min (\eta^{(k-1)}) \} + C'}{\sigma \{ \min (\eta^{(k-1)}) \}} \right), \end{aligned} \quad (5)$$

где  $3\sigma \{ \bar{X}_{min} \}$  — отклонение нижней границы поля допуска настройки;

$C'$  — уменьшение толщины межпилльной прокладки в масштабе  $CB \{ \eta \}$ ;

$F$  — функция Лапласа.

При  $M \{ \min (\eta^{(k-1)}) \} = 0$   $\sigma \{ \min (\eta^{(k-1)}) \} = \sigma \{ \eta \}$   $q_{3, c}^{(k-1)} = q_{3, c}$ .

На рис. 3 приведены зависимости  $q_{3, c}^{(k-1)} = f(C')$ , вычисленные по формуле (5) для  $\sigma_{\eta} = \sqrt{2}$ . Чтобы найти величину  $C$  для конкретного значения  $\sigma \{ \bar{X}_{min} \}$ , необходимо величину  $C'$ , определенную по графику

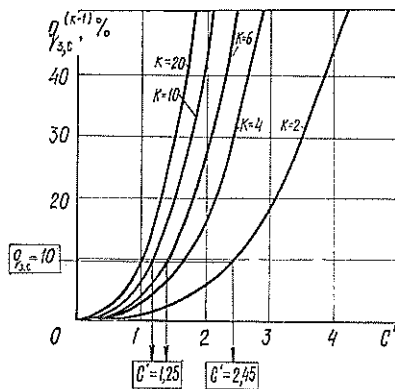


Рис. 3. Изменение частоты остановок лесопильной рамы для перенастройки в зависимости от уменьшения толщины межпильной прокладки, выраженной безразмерной величиной  $C'$ ;  $k$  — число пил в поставе

для заданной частоты остановок лесопильной рамы  $q_{3,c}^{(k-1)}$ , умножить на коэффициент  $\sigma \{\bar{X}_{min}\} / \sqrt{2}$ .

Так, например, для условий распиловки на рамах 2-го ряда, число пил поставы которых находится в пределах  $6 \dots 10$ ,  $\sigma \{\bar{X}_{min}\} = 0,52$  мм и плановой частоты остановок лесопильной рамы для перенастройки  $q_{3,c}^{(5 \dots 9)} = 10\%$ , величина уменьшения толщины межпильной прокладки (см. рис. 3)  $C^{(5 \dots 9)} = C' \sigma \{\bar{X}_{min}\} / \sqrt{2} = 1,25 \times$

$\times 0,52 / \sqrt{2} = 0,46$  мм, в то время как для одного пильного промежутка (см. рис. 3)  $C^{(1)} = C' \sigma \{\bar{X}_{min}\} / \sqrt{2} = 2,45 \cdot 0,52 / \sqrt{2} = 0,90$  мм, т. е. практически в два раза больше.

Изложенный метод рекомендуем для определения двух взаимосвязанных технологических параметров: частоты остановок лесопильной рамы для перенастройки пил поставы на заданную толщину пилосматериалов и величины уменьшения толщины межпильной прокладки. Метод можно применять для многопильного оборудования любого вида.

Поступила 22 июня 1988 г.

УДК 674.05 : 621.9

## РАЦИОНАЛЬНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ЦЕНТРОБЕЖНОГО СТРУЖЕЧНОГО СТАНКА ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ КРУПНОЙ ФРАКЦИИ ЩЕПЫ В ЦБП

Д. Д. МАЦКЕВИЧ, Л. Р. КОТЕЛОВИЧ

ВНПОбумпром

Технологическая щепка, вырабатываемая рубительной машиной, помимо нормальной фракции содержит крупную и мелкую (опилочную), которые для непосредственного использования вместе с нормальной фракцией непригодны. Поэтому щепку подвергают сортировке. Выделяемую при этом крупную фракцию затем измельчают в дезинтеграторах или в рубительной машине вместе с балансом.

Для более полного использования древесины надо, чтобы щепка после измельчения соответствовала требованиям, предъявляемым к нормальной фракции.

Исследования в натуральных условиях показали, что наиболее полно удовлетворить эти требования можно с помощью специального стружечного станка с правильно выбранными параметрами.

На рис. 1 приведена схема центробежного стружечного станка. Здесь 1 — корпус с загрузочной воронкой 2, внутри которого независимо вращаются ножевой барабан 3 и крыльчатка 4. Последняя (в станках типа ДС) вращается в направлении, противоположном направлению вращения ножевого барабана. Попадая в станок, щепка отбрасывается вращающейся крыльчаткой и под действием центробежной силы прижимается к внутренней поверхности ножевого барабана. Крыльчатка при своем вращении перемещает щепу по окружности, и при встрече

с выступающим лезвием ножа со щепы срезается слой древесины, толщина которого определяется выпуском ножа. Срезанная щепка проходит через подножевую щель и вылетает из барабана, а затем через выходное отверстие удаляется из станка.

Основное назначение станка — производство тонкой стружки из щепы для изготовления древесностружечных плит. Однако некоторая реконструкция станка позволяет использовать его в ЦБП для переработки крупной фракции щепы в нормальную, предназначенную для варки целлюлозы. Возникает задача выбора для рационального изменения параметров древесностружечного станка, для решения которой необходимо детально рассмотреть силы, воздействующие на частицы щепы, и их перемещение в станке.

Для упрощения задачи рассмотрим один ряд частиц щепы, непосредственно примыкающий к поверхности барабана, ибо другие, расположенные ближе к центру вращения, не участвуют в процессе резания и если влияют на поведение частиц первого ряда, то не в худшую для качества процесса сторону.

Чтобы происходило нормальное резание крупных частиц щепы, необходимо, чтобы они были прижаты к внутренней цилиндрической поверхности барабана. Этот прижим осуществляется за счет центробежной силы, действующей на частицы. Когда срезание слоя с частицы закончилось, она должна до подхода следующего ножа передвинуться в радиальном направлении на величину выпуска ножей, т. е. так, чтобы снова прижаться к внутренней поверхности барабана с ножами.

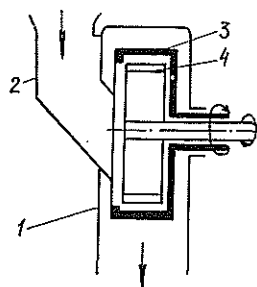
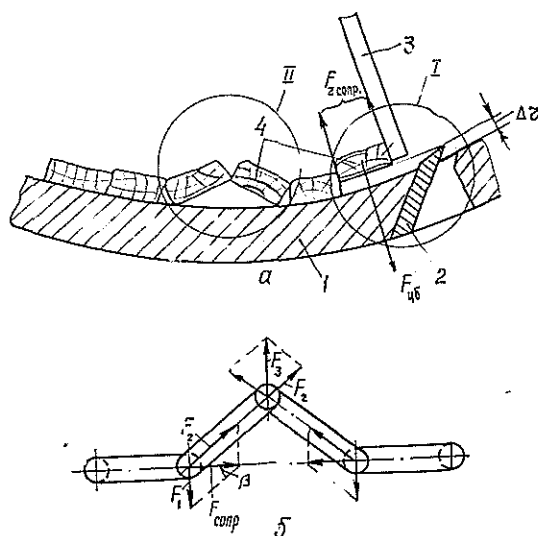


Рис. 1.

Рис. 2. Расположение частиц щепы внутри барабана центробежного стружечного станка: а — варианты расположения частиц; б — схема их шарнирного контактирования; 1 — ножевой барабан; 2 — нож; 3 — лопасть крыльчатки; 4 — частицы щепы



Это произойдет в том случае, если центробежная сила  $F_{цб}$ , действующая на частицу (узел I на рис. 2, а), окажется больше всех сил сопротивления  $F_{г сопр}$ , препятствующих ее радиальному продвижению,

$$F_{цб} > F_{г сопр}, \quad (1)$$

и если время  $t_{\Delta r}$  продвижения этой частицы под действием центробежной силы на расстояние  $\Delta r$ , равное выпуску ножей, будет меньше вре-

мени  $t_y$  продвижения частицы по дуге окружности до встречи со следующим ножом:

$$t_{\Delta r} < t_y. \quad (2)$$

Кроме того, ряд частиц щепы, продвигаемый лопастью крыльчатки навстречу режущему ножу на барабане, не должен потерять устойчивость, не должен рассыпаться. Тенденция к потере устойчивости ряда частиц возникает за счет их расположения под углом друг к другу (узел II на рис. 2, а). Взаимодействие расположенных таким образом частиц щепы может быть в первом приближении представлено схемой (рис. 2, б) шарнирного контактирования. Здесь тангенциальная сила сопротивления  $F_{\text{сопр}}$ , препятствующая продвижению ряда частиц щепы по поверхности барабана, раскладывается на две составляющие, из которых сила

$$F_1 = F_{\text{сопр}} \operatorname{tg} \beta \quad (3)$$

нейтрализуется реакцией со стороны барабана и создает лишь дополнительную силу трения, а сила

$$F_2 = F_{\text{сопр}} \frac{1}{\cos \beta} \quad (4)$$

передается вдоль звена в точку контакта с другим звеном и создает здесь силу

$$F_3 = 2F_1 = 2F_{\text{сопр}} \operatorname{tg} \beta \quad (5)$$

при допущении в целях упрощения задачи, что звенья (ширина частиц щепы) имеют одинаковую длину и  $\beta$  есть угол между звеном и касательной к поверхности барабана.

Центробежная сила, действующая на частицы щепы, должна быть больше силы  $F_3$ , возникающей из-за шарнирного взаимодействия частиц в первом ряду:

$$F_{\text{цб}} > F_3. \quad (6)$$

В противном случае устойчивость ряда щепок нарушится, нарушится его прилегание к поверхности барабана, и резание потеряет упорядоченный характер. Вместо срезания слоя толщиной, равной величине выпуска ножей, лишь некоторые щепки беспорядочно зацепляются за острия ножей, при этом образуется мелкая — опилочная фракция щепы.

Все три условия (неравенства (1), (2), (6)) определим из уравнений равновесия сил, действующих на частицы щепы внутри ротора станка. Эти уравнения найдем в предположении, что в тангенциальном направлении щепка движется по дуге окружности со скоростью, обеспечиваемой вращением крыльчатки. Вращение же ротора (в ту или другую сторону) позволяет изменять скорость резания по сравнению с неподвижным ротором, частоту встречи каждой щепки с ножами и время между двумя очередными встречами.

Для щепок, которые расположены далеко от движущей лопасти крыльчатки, встреча с ножом, так же как и сила трения о внутреннюю поверхность ротора, приводит к потере скорости тангенциального движения щепки и при недостаточной центробежной силе — к потере устойчивости слоя щепок и выбросу части их во внутреннюю область барабана.

Исходя из принципа Даламбера, можно написать уравнения для двух случаев, представленных узлами I и II на рис. 2, а.

Для узла *I* центробежная сила и радиальная составляющая силы тяжести, действующие на частицу, уравниваются силой инерции и силами трения, с одной стороны, о поверхность толкающей ее лопасти крыльчатки, а, с другой стороны, о поверхность лежащей впереди щепки, уже прижатой к барабану.

Для узла *II* условие равновесия сил заключается в том, что центробежные силы, действующие на расположенные под углом друг к другу частицы, и радиальные составляющие сил их тяжести уравниваются силами их инерции и равнодействующей сил сопротивления (5).

Исходные для этих двух случаев уравнения, не приводимые ради краткости, после преобразований дают следующие выражения:

для узла *I*

$$m \frac{d^2x}{dt^2} - Amg \cos \omega t - Am\omega^2 r + (f_1 + f_2) F_{\text{рез}} = 0, \quad (7)$$

где

$$A = 1 - f_1 (f_1 + f_2) \frac{\Sigma m_i}{m}, \quad (8)$$

и для узла *II*

$$m \frac{d^2x}{dt^2} - m(\omega^2 r + g \cos \omega t) + 2 \frac{x}{b} [F_{\text{рез}} + f_1 (\Sigma m_i) \times (\omega^2 r + g \cos \omega t)] = 0, \quad (9)$$

где

- $m$  — масса частицы щепы;
- $x$  — радиальное смещение частицы, отсчитываемое от начального положения, соответствующего ее сходу с ножа;
- $\omega$  — угловая скорость движения частицы по дуге окружности радиуса  $r$ ;
- $g$  — ускорение силы тяжести;
- $\omega t$  — угол между положениями частицы внутри барабана и вертикальным радиусом, отсчитываемый от нижней точки;
- $f_1$  и  $f_2$  — коэффициенты трения древесины о металл (лопасти крыльчатки или поверхности барабана) и древесины о древесину (между частицами щепы);
- $F_{\text{рез}}$  — сила резания древесины щепы;
- $\Sigma m_i$  — масса всех щепок, лежащих перед рассматриваемой частицей и препятствующих ее движению за счет силы трения между ними и поверхностью барабана;
- $b$  — проекция ширины щепки на касательную к окружности барабана в точке расположения щепки.

Из уравнений (7) и (8) видно, что центробежная сила не только создает полезный прижим частиц щепы к внутренней поверхности барабана (необходимый для срезания с них полной толщины слоя древесины), но и, повышая силу трения впереди лежащих щепок о поверхность барабана, пропорционально увеличивает сопротивление радиальному перемещению частиц щепы, еще не прижатых к поверхности барабана.

Если по выражению (8) окажется, что  $A \leq 0$ , то сколько бы не увеличивали мы центробежное ускорение в уравнении (7), центробежная сила не обеспечит перемещение частиц щепы в радиальном направлении с преодолением сил трения.

Поэтому первое обязательное требование к устройству — достижение  $A > 0$ . Отсюда материал внутренней поверхности барабана и характер ее обработки должны быть такими, чтобы обеспечить наименьший возможный коэффициент трения древесины по этой поверхности.

Известно, что коэффициент трения древесины хвойных пород по стали  $f_1 \approx 0,35$ , а по древесине  $f_2 \approx 0,3$ . На основании выражения (8)  $A > 0$  при  $\frac{\sum m_i}{m} = 1 \dots 4$ , т. е. частица щепы имеет возможность переместиться в радиальном направлении и прижаться к поверхности барабана только в том случае, если перед ней в ряду до ножа барабана окажется не более четырех щепок. Для реализации этой возможности, на основании уравнения (7), должно удовлетворяться и следующее неравенство:

$$\omega^2 r > g + \frac{f_1 + f_2}{A_m} F_{\text{рез}}. \quad (10)$$

При массе щепки  $m \approx 10^{-2}$  кг, силе резания щепы одним ножом  $F_{\text{рез}} \approx 10^2$  Н и указанных выше значениях  $f_1$ ,  $f_2$  и  $A$  силой тяжести частицы щепы можно пренебречь. Тогда

$$\omega^2 r > \frac{f_1 + f_2}{A_m} F_{\text{рез}}. \quad (11)$$

При  $r = 0,5$  м и  $\omega = 97$  рад/с (данные станка ДС-5) неравенство (11) не удовлетворяется ни при каких значениях  $A$ , т. е. угловая скорость крыльчатки, равная 97 рад/с, недостаточна для преодоления сил трения щепы и ее надежной подачи к ножам барабана. Для этого необходимо (как легко рассчитать на основании неравенства (11)), чтобы угловая скорость крыльчатки была не менее 130 рад/с.

Можно исключить влияние трения  $f_1$  между щепой и лопастью крыльчатки, наклонив толкающую плоскость крыльчатки по отношению к радиальному направлению на угол, равный углу трения, т. е. примерно на  $14 \dots 15^\circ$ .

Тогда уравнение (7), если пренебречь в нем силой тяжести щепы, примет вид:

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} - A' m \omega^2 r + f_2 F_{\text{рез}} = 0, \quad (7')$$

а выражения (8) и (11) соответственно преобразуются

$$A' = 1 - f_1 f_2 \frac{\sum m_i}{m} \quad (8')$$

и

$$\omega^2 r > \frac{f_2}{A} \frac{F_{\text{рез}}}{m}. \quad (11')$$

При подстановке в уравнение (7'), (8'), (11') параметров станка ДС-5 видно, что радиальное перемещение частиц щепы с преодолением силы трения о впереди лежащую частицу осуществляется при расположении между этой частицей и ножом не более трех щепок, т. е. в этом случае обеспечивается прижим щепок к поверхности ножевого барабана.

Пренебрегая действием силы тяжести частиц щепы, можно упростить и уравнение (9):

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} + 2 \frac{x}{b} [F_{\text{рез}} + f_1 (\sum m_i) \omega^2 r] - m \omega^2 r = 0. \quad (9')$$

Отсюда видно, что прижим щепы к поверхности барабана возможен только при

$$\omega^2 r > \frac{2 \frac{x}{b} \frac{F_{\text{рез}}}{m}}{1 - 2 \frac{x}{b} f_1 \frac{\sum m_i}{m}}. \quad (12)$$

Для указанных выше технических данных станка ДС-5 неравенство удовлетворяется только при  $\operatorname{tg} \beta = \frac{x}{b} < 0,2$  и при расположении звена рассматриваемых щепок не далее, чем на одну щепку от ножа (т. е. при  $\frac{\sum m_i}{m} = 1$ ).

При расположении щепок под большим углом и тем более при большем числе щепок, силу трения которых о поверхность барабана приходится преодолевать рассматриваемому звену, центробежная сила в станке ДС-5 не обеспечит прижим щепок звена к поверхности барабана, и они будут вытолкнуты внутрь барабана.

Прижим частицы щепы к поверхности барабана в узле  $I$  (рис. 2, а), как показано выше, может быть обеспечен в случае расположения лопасти крыльчатки относительно радиуса под углом, большим угла трения, и при поведении частицы щепы по уравнению (7'). Для оценки реализации при условии (2) (продолжительность радиального перемещения частицы меньше аксиального перемещения до встречи с ножом) решим дифференциальное уравнение (7') с учетом начальных условий: при  $t = 0$ ,  $x = 0$  и  $\frac{dx}{dt} = 0$ .

Примем, кроме того, что в уравнении (7')  $r = \operatorname{const}$ , поскольку  $x \ll r$ , и не будем учитывать действие силы кориолисова ускорения вследствие ее малости при малом  $\Delta r$ . Получим решение уравнения (7')

$$x = \frac{t^2}{2} \left( A' \omega^2 r - f_2 \frac{F_{\text{рез}}}{m} \right), \quad (13)$$

где  $A'$  определим из выражения (8').

Для условий, при которых удовлетворялось неравенство (11'), продолжительность радиального перемещения частицы:

$$t_x = \Delta r \approx 6 \cdot 10^{-3} \text{ с.}$$

Продолжительность же продвижения частицы по дуге окружности до встречи с ножом при вращении барабана в одном направлении с крыльчаткой

$$t_y = \frac{n_{\text{щ}} b}{r (\omega_1 - \omega_2)}. \quad (14)$$

Здесь  $n_{\text{щ}}$  — число щепок, расположенных между ножом и рассматриваемой частицей;

$b$  — средняя ширина щепок;

$\omega_1, \omega_2$  — угловые скорости вращения соответственно крыльчатки и барабана.

Для параметров станка ДС-5 ( $r = 0,5$  м,  $\omega_1 = 97$  рад/с,  $\omega_2 = 55,5$  рад/с,  $b = 30$  мм) и условий, при которых удовлетворяется неравенство (11'), т. е.  $n_{\text{щ}} = 3$ , вычисляя по формуле (14), получим:

$$t_y \approx 4,3 \cdot 10^{-3} \text{ с.}$$

Следовательно, не как требовалось по условию (2) ( $t_x < t_y$ ), а наоборот,  $t_x > t_y$ , т. е. щепка не успевает прижаться к поверхности барабана до подхода очередного ножа. При вращении барабана во встречном по отношению к крыльчатке направлении, как это предусмотрено конструкцией станка ДС-5, работоспособность его будет еще хуже.

Таким образом, анализ показал, что существующая конструкция и параметры станка ДС-5 не обеспечивают надежного прижима исходной перерабатываемой щепы к поверхности ножевого барабана. Это должно приводить к повышенному (по сравнению с возможным) содержанию в выходном продукте опилочной и мелкой фракции щепы и к понижен-

ной, по сравнению с теоретически возможной, производительности станка.

Для существенного повышения качества выходной щепы (для уменьшения разнообразия ее размеров) необходимо:

а) увеличить силу прижима исходной щепы к поверхности ножевого барабана путем увеличения частоты вращения крыльчатки до  $1\ 300 \dots 1\ 500 \text{ мин}^{-1}$  и изменения направления вращения ножевого барабана на одинаковое с направлением вращения крыльчатки;

б) исключить влияние силы трения о лопасти крыльчатки путем расположения их толкающих поверхностей под углом, близким к углу трения (более  $14^\circ$ ), относительно радиального направления;

в) увеличить время, отводимое для стабилизации ряда щепок на поверхности барабана до встречи их с ножом, путем уменьшения числа ножей на барабане с 36, которые предусмотрены в станке ДС-5, до 9—12;

г) исключить возмущения на пути движения ряда щепок к ножу путем тщательного выравнивания внутренней поверхности барабана (обеспечить отклонения от правильной цилиндрической поверхности меньшими  $0,1 \text{ мм}$ ).

Для снижения пиковых нагрузок и повышения плавности работы станка нужно, чтобы число лопастей крыльчатки было некратным числу ножей на барабане и, кроме расположения лопастей крыльчатки под углом к радиусу, нужно развернуть их и под углом к образующей цилиндра (угол должен быть не более угла трения, т. е. меньше  $14^\circ$ ).

Поступила 4 января 1988 г.

УДК 676.051.345.4

## К РАСЧЕТУ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ КОРООБДИРОЧНЫХ БАРАБАНОВ

Е. М. ШТЕЙН, В. Н. ЕРОХИН

Ленинградский технологический институт ЦБП

В корообдирочных барабанах окорка происходит за счет деформаций сдвига коры древесины при движении балансов относительно друг друга. Теоретический и экспериментальный анализ движения древесины в барабане показал, что смещение слоев балансов, необходимое для их окорки, происходит только в зоне обрушения. Эффективность процесса окорки может быть охарактеризована работой по деформации коры древесины, совершаемой силами, возникающими за счет взаимодействия балансов при их обрушении. То есть для обеспечения заданной степени окорки  $M$  единичной площади боковой поверхности баланса должна быть совершена определенная работа  $A_M$  по этой поверхности деформации (удельная работа деформации).

Технологическую производительность корообдирочного барабана  $Q_M$  определяли по формуле

$$Q_M = \frac{V}{T_M}, \quad (1)$$

где  $V$  — объем одновременно окоряемой древесины;  
 $T_M$  — длительность обработки древесины в барабане, необходимая для достижения требуемой степени окорки  $M$ .



Объем одновременно окоряемой древесины для барабанов непрерывного действия [1]

$$V = \pi R^2 \int_0^L k_n \varphi_n dl. \quad (2)$$

Здесь  $R$  и  $L$  — диаметр и длина барабана;

$k_n, \varphi_n$  — коэффициент полнодревесности и степень заполнения барабана в динамическом состоянии;

$l$  — расстояние от входа барабана до рассматриваемого поперечного сечения, взятого по его длине.

Для определения  $T_M$  мысленно разделили барабан по его длине на  $n$  небольших участков так, чтобы длительность нахождения балансов на каждом участке была одинаковой, а степень заполнения в пределах каждого участка можно было бы считать постоянной. Исходя из этого, работа по деформации коры на единичной площади боковой поверхности баланса, совершаемая за время его нахождения в барабане:

$$A = p_1 A_{0,1} + p_2 A_{0,2} + \dots + p_n A_{0,n}, \quad (3)$$

где  $p_i$  — число циклов подъем — обрушение, совершаемое балансом среднего слоя при прохождении  $i$ -го участка барабана;

$A_{0,i}$  — работа по деформации коры на единичной площади поверхности баланса среднего слоя, совершаемая за одно его обрушение на  $i$ -м участке барабана.

Здесь под средним слоем понимаемдвигающиеся по некоторой траектории балансы, кинематические характеристики которых позволяют охарактеризовать процесс движения балансов в поперечном сечении барабана суммарно. Наиболее точно понятию среднего слоя соответствуют балансы, находящиеся на среднестатистической траектории [2].

Число циклов можно найти по формуле

$$p_i = \frac{\Delta t_i}{t_{u,i}}. \quad (4)$$

Здесь  $\Delta t_i$  — продолжительность нахождения балансов на  $i$ -м участке барабана;

$t_{u,i}$  — длительность цикла подъем — обрушение баланса среднего слоя, находящегося на  $i$ -м участке барабана.

С учетом (4) выражение (3) принимает вид

$$A = \frac{\Delta t_1}{t_{u,1}} A_{0,1} + \frac{\Delta t_2}{t_{u,2}} A_{0,2} + \dots + \frac{\Delta t_n}{t_{u,n}} A_{0,n}. \quad (5)$$

Так как по условию  $\Delta t_1 = \Delta t_2 = \dots = \Delta t_n = \Delta t$ , то:

$$A = \Delta t \sum_{i=1}^n \frac{A_{0,i}}{t_{u,i}}. \quad (6)$$

Числитель и знаменатель выражения (6) умножим на число участков  $n$  и среднюю длину этих участков  $\Delta l$

$$A = \Delta t n (n \Delta l)^{-1} \sum_{i=1}^n A_{0,i} t_{u,i}^{-1} \Delta l = T L^{-1} \sum_{i=1}^n A_{0,i} t_{u,i}^{-1} \Delta l, \quad (7)$$

где  $T$  — продолжительность нахождения балансов в барабане.

При  $n \rightarrow \infty$

$$A = T L^{-1} \int_0^L A_0 t_u^{-1} dl. \quad (8)$$

Отсюда

$$T = \frac{AL}{\int_0^L A_0 t_{\text{ц}}^{-1} dl} \quad (9)$$

Для окорки балансов с заданной степенью  $M$  необходимо, чтобы  $A = A_M$ , т. е.:

$$T_M = \frac{A_M L}{\int_0^L A_0 t_{\text{ц}}^{-1} dl} \quad (10)$$

Подставляя выражения (2), (9) в (1), получили формулу для определения технологической производительности корообдирочных барабанов:

$$Q_M = \frac{\pi R^2}{A_M L} \int_0^L k_{\text{д}} \varphi_{\text{д}} dl \int_0^L A_0 t_{\text{ц}}^{-1} dl \quad (11)$$

Аналитические зависимости  $k_{\text{д}} = f(l)$ ,  $\varphi_{\text{д}} = f(l)$ ,  $A_0 = f(l)$ ,  $t_{\text{ц}} = f(l)$ , входящие в формулу (11), получили на основании теоретического и экспериментального анализа движения балансов в барабане. Они приведены в учебном пособии [1].

Результаты расчетов, проведенных по вышеприведенной формуле, показали хорошую сходимость с экспериментальными данными, полученными при испытаниях промышленных корообдирочных барабанов.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Гаузе А. А., Гончаров В. В., Штейн Е. М. Машины для окорки древесины.—Л.: ЛТА, 1988.—75 с. [2]. Штейн Е. М. Среднестатистическая траектория движения балансов в поперечном сечении корообдирочного барабана / ЛТИ ЦБП.—Л., 1987.—8 с.—Деп. в ВНИПИЭИлеспром 19.01.86, № 1879лб-87.

Поступила 23 октября 1989 г.

УДК 621.928.3

### РАСЧЕТ ЦИКЛОНОВ С БЕЗОТРЫВНЫМ ПОГРАНИЧНЫМ СЛОЕМ

А. Н. ВАСИЛЬЕВ, А. Г. БАЛАКИН

ВНИИдрев

Ряд предприятий деревообрабатывающей промышленности обращаются за рекомендациями по оптимальному выбору циклонов и их геометрических размеров. Размеры обычных, классических циклонов приведены в справочной литературе. В последнее время появились авторские решения конструкций циклонов с безотрывным пограничным слоем [1, 2]. К сожалению, в заявках не даны ни основы теории, ни конструктивные размеры. Трубы для выброса чистого воздуха приводят обычно во вращение с помощью систем передач от электродвигателя или потоком, действующим на лопатки, приваренные к выхлопной трубе.

Конструкции установленных на предприятиях циклонов не учитывают особенности древесной пыли: взрывоопасности, смачиваемости, гигроскопичности, разрывной прочности слоя, насыпной плотности, дисперсного состава. В частности, влияние дисперсного состава пыли на коэффициент гидравлического сопротивления классического цикло-

на ЦН-15 (диаметром 200 мм) оценено в работе [5]. При увеличении удельной поверхности с 2 800 до 7 000 см<sup>2</sup> эффективность улавливания падала с 98 до 67 %.

Пыль, выделяющаяся при шлифовании трехслойных древесностружечных плит, имеет дисперсный состав, приведенный в табл. 1.

Таблица 1

Диаметр частиц $d$ , мкм	6,0	10,0	20,0	50,0	100,0
Содержание частиц размером более $d$ , %	97,5	91,0	63,0	15,0	1,2
Скорость витания частиц в газе, см/с	0,25	0,471	1,880	11,8	47,1

Для повышения эффективности фильтрации активно используют электрические силы. Однако при фильтрации древесной пыли возникают проблемы пожаро- и взрывобезопасности. Для лучшего осаждения пыль коагулируют в воздуховодах и циклонах под действием ультразвукового, электрического полей. Древесная пыль, не подвергнутая коагуляции, имеет достаточно высокие адгезионные свойства [3].

Существующие циклоны работают по принципу отрыва пограничного слоя, показывая низкую эффективность. Профиль скоростей в таких циклонах не выдерживается по пути запыленного потока, при разделении происходит столкновение частиц разной дисперсности. Гидравлические сопротивления классических циклонов, как правило, значительны.

На основании вышеизложенного можно предполагать, что циклоны с безотрывным пограничным слоем, вследствие специфических свойств древесной пыли, будут достаточно эффективно работать в деревообрабатывающей промышленности.

Математическая модель циклона с безотрывным пограничным слоем построена на принципе присоединения масс. Решим плоскую задачу, когда при движении круговой цилиндр не касается стенок прямолинейного канала (рис. 1). Считаем, что возмущенное движение газа, вызванное движением циклона, возникало из состояния покоя. Тогда потенциал скоростей возмущенного движения  $\varphi(x, y)$  удовлетворяет в физической области  $D$  (расположенной внутри прямолинейного канала и вне окружности  $\Gamma$  (рис. 1), представляющей собой контур цилиндра в перпендикулярной к его оси плоскости  $(x, y)$ ) уравнению Лапласа и следующим граничным условиям [1, 6]:

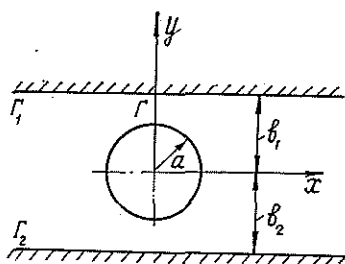


Рис. 1

$$\Delta\varphi(x, y) = 0; \tag{1}$$

$$\left\{ \frac{\partial\varphi}{\partial n} \right\} = u_1 \cos(n, x) + u_2 \cos(n, y); \tag{2}$$

$$\left\{ \frac{\partial\varphi}{\partial n} \right\} = 0; \quad \Gamma_1: y - b_1 = 0; \quad \Gamma_2: y - b_2 = 0. \tag{3}$$

Здесь  $n$  — направление нормали;

$u_1, u_2$  — составляющие скорости циклона;

$\Gamma, \Gamma_1$  — границы цилиндра прямолинейного канала.

Поместим начало прямоугольной декартовой системы координат в центре цилиндра. Физическую область  $D$  отобразим на вспомогательной области

$$x = \frac{a^2 \xi}{\xi^2 + \eta^2}; \quad y = \frac{a^2 \eta}{\xi^2 + \eta^2}, \quad (4)$$

где  $\xi, \eta$  — аргументы гармонической функции  $\varphi^*(\xi, \eta)$ .

Область  $D'$  расположена внутри окружности  $\Gamma^*$ :  $\xi^2 + \eta^2 = a^2$ , являющейся образом  $\Gamma$ , и вне окружностей  $\Gamma_i^*$ , являющихся образами стенок  $\Gamma_i$ :

$$\Gamma_i^*: \xi^2 + \left(\eta - \frac{1}{2} \frac{a}{b_i}\right)^2 = \frac{1}{4} \frac{a^2}{b_i^2}.$$

Краевая задача (1) — (3) в  $D'$  имеет вид

$$\Delta \varphi(\xi, \eta) = 0; \quad (5)$$

$$\left\{ \frac{\partial \varphi}{\partial n} \right\} = \frac{a^2}{(\xi^2 + \eta^2)^2} \{ [u_1(\eta^2 - \xi^2) - 2u_2 \xi \eta] \cos(n, \xi) + [u_2(\xi^2 - \eta^2) - 2u_1 \xi \eta] \cos(n, \eta) \}; \quad (6)$$

$$(x, y) \in \Gamma^*$$

$$\left\{ \frac{\partial \varphi}{\partial n} \right\} = 0, \quad \Gamma_i^* (i = 1, 2). \quad (7)$$

Отыскание гармонической функции  $\varphi^*(\xi, \eta)$  по граничным условиям (6), (7) в  $D'$  сводится к нахождению минимума функционала при естественных граничных условиях:

$$I = \iint_D \left\{ \left( \frac{\partial \varphi^*}{\partial \xi} \right)^2 + \left( \frac{\partial \varphi^*}{\partial \eta} \right)^2 \right\} d\xi d\eta - 2 \int_{\Gamma^*} \varphi^* \psi(G) dG; \quad (8)$$

$$\left\{ \frac{d\varphi^*}{dn} \right\}_{\Gamma^*} = \psi(G).$$

Потенциал скоростей  $\varphi_i^*(\xi, \eta)$  определяем в  $D'$  с помощью метода Ритца в виде:

$$\varphi^*(\xi, \eta) + \sum_{i=0}^m \sum_{j=0}^m A_{ij} \xi^i \eta^j. \quad (9)$$

Подставив (9) в (8), определим коэффициенты  $A_{ij}$  ( $i, j = 0, 1$ ) из следующей системы уравнений:

$$\frac{\partial}{\partial A_{ij}} \left( \iint_D \left[ \sum_{i=1}^m \sum_{j=0}^m i A_{ij} \xi^{i-1} \eta^j \right]^2 + \left[ \sum_{i=0}^m \sum_{j=1}^m j A_{ij} \xi^i \eta^{j-1} \right]^2 \right) d\xi d\eta - 2 \int_{\Gamma^*} \left( \sum_{i=0}^m \sum_{j=0}^m A_{ij} \xi^i \eta^j \right) \psi(G) dG = 0, \quad (10)$$

$$(ij = 0, m)$$

Сделав обратное преобразование, найдем потенциал скоростей  $\varphi(x, y)$  в физической области  $D$  в виде:

$$\varphi(x, y) = \sum_{i=0}^m \sum_{j=0}^m (A_{ij}^{(1)} u_1 + A_{ij}^{(2)} u_2) \left( \frac{a^2 x}{x^2 + y^2} \right)^i \left( \frac{a^2 y}{x^2 + y^2} \right)^j. \quad (11)$$

Если в формуле (9) ограничиться первым приближением по Ритцу, то получим потенциал скоростей (11):

$$\varphi'(x, y) = (x u_1 + y u_2) a^2 \left[ \left( 1 - \frac{1}{4} \frac{a^2}{b_1^2} - \frac{1}{4} \frac{a^2}{b_2^2} \right) (x^2 + y^2) \right]^{-1}. \quad (12)$$

При  $b_i \rightarrow \infty$  из (12) найдем точное решение гидродинамической задачи при движении цилиндра радиусом  $a$  в безграничной области, заполненной идеальной несжимаемой жидкостью [4].

Заменяя соответственно  $a = d$ ,  $b_1 = b_2 = \frac{D}{2}$  (рис. 2) и произведя обработку уравнения на компьютере, получаем геометрические размеры циклона с безотрывным пограничным слоем в зависимости от расхода запыленного потока (табл. 2).

Таблица 2

$D$ , м	0,50	0,63	0,80	0,80	0,50	0,63
$d$ , м	0,30	0,38	0,40	0,48	0,30	0,38
$u$ , м/с	16,00	20,00	16,00	25,00	16,00	20,00
$G$ , м <sup>3</sup> /ч	13 000	13 000	25 000	25 000	25 000	25 000
$L_2$ , м	1,69	1,07	2,02	1,29	3,25	2,05
$L_1$ , м	0,64	0,41	0,77	0,55	1,24	0,79

На рис. 2 приведена схема циклона с безотрывным пограничным слоем, с вращающимся цилиндром диаметром  $d$ , внешним диаметром  $D$ , размерами  $L_1$ ,  $L_2$ . Скорость пылевоздушной среды на входе в циклон —  $u$ , м/с; расход среды —  $G$ , м<sup>3</sup>/ч.

Практически на рис. 1 показана схема набегания потока на выхлопную трубу в циклоне или канале, что практически одно и то же. Расстояние  $b_1$ ,  $b_2$  — это не что иное, как расстояние стенок выхлопной трубы от стенок циклона, т. е. на величину формирующегося пограничного слоя  $\delta = \frac{5}{\sqrt{Re}}$  влияет число Рейнольдса ( $Re$ ), помимо скорости, свойств набегающей среды, гидравлического диаметра обусловленного расстоянием выхлопной трубы от стенки циклона.

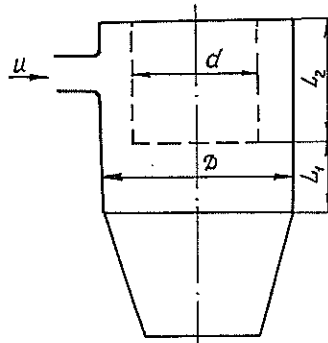


Рис. 2.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. с. 151558 СССР, Кл. 50с, 1 752262/29. Орошаемый циклон / А. В. Рыжов // Открытия. Изобрет.— 1962.— № 21.— С. 53. [2]. А. с. 286484 СССР, МПКВ 01 45/14. Пылеуловитель / Н. П. Рябинин, В. А. Снежко // Открытия. Изобрет.— 1970.— № 34.— С. 170. [3]. Зимок А. Д. Адгезия пыли и порошков.— М.: Химия, 1976.— 432 с. [4]. Лойцянский Л. Г. Механика жидкости и газа.— М.: Наука, 1978.— 736 с. [5]. Падва В. Ю. Влияние дисперсного состава пыли на коэффициент гидравлического сопротивления циклона // Промышленная и санитарная очистка газов.— 1973.— № 1.— С. 4—5. [6]. Седов Л. Н. Механика сплошной среды, Т. 2.— М.: Наука, 1973.— 584 с.

Поступила 5 сентября 1989 г.

УДК 62-52 : 62-493

## СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УЧЕТА МАССОВОГО РАСХОДА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЩЕПЫ НА ПНЕВМОТРАНСПОРТЕ

П. Ф. ТЮРИКОВ, А. В. ДЕМЕНТЬЕВ

Красноярский инженерно-строительный институт

Развитие пневмотранспорта на предприятиях деревообрабатывающей промышленности создает условия для создания систем учета количества технологической щепы с применением микро-ЭВМ. В настоящее время учет материала на пневмотранспорте осуществляется механическими системами, которым присущи следующие недостатки: невысокая точность, низкая производительность, необходимость реконструкции действующих технологических потоков для установки таких систем, большие размеры и металлоемкость. В целом по отрасли 60 % предприятий проводят учет продукции путем обмера круглых лесоматериалов, подаваемых в рубительные машины; 12 % — по выходу готовой продукции; 11 % — по массе; 10 % — по вместимости варочных котлов; 7 % — другими способами [3, 5].

Результаты экспериментов, проведенных в пневмогидротранспортной лаборатории кафедры АСУ и автоматики Красноярского инженерно-строительного института и лаборатории пневмотранспорта СибНИИЦКа, делают возможным разработку и внедрение автоматизированных систем учета массового расхода транспортируемого материала непосредственно по давлению в трубопроводе. Такого рода системы могут быть использованы для пневмолиний, оборудованных воздушодувными машинами центробежного типа. Этот параметр пневмотранспортного потока наиболее доступен для измерения и анализа.

Работа системы основана на экспериментально полученной и теоретически подтвержденной зависимости между массовым расходом материала и давлением в трубопроводе.

Используя уравнение Навье-Стокса, рассмотрим возможность измерения расхода транспортируемого потока по давлению в трубопроводе:

$$\frac{d\rho\bar{v}}{dt} = \bar{F}_m + \nabla T, \quad (1)$$

где  $\rho$  — плотность потока;

$\bar{v}$  — скорость потока;

$\bar{F}_m$  — массовые силы;

$\nabla T$  — тензор напряжений.

Предположим, что транспортируемый поток несжимаем ( $\text{div } \bar{v} = 0$ ), однороден по длине и сечению трубы ( $\rho = \text{const}$ ), вращательная скорость потока невелика ( $\nabla \bar{v} = 0$ ). С учетом этих допущений, из уравнения Навье-Стокса (1) получаем уравнение Эйлера для идеальной среды [2, 6]:

$$\rho \frac{d\bar{v}}{dt} = \bar{F}_m - \nabla p. \quad (2)$$

Здесь  $\nabla p = \frac{\partial p}{\partial x} \bar{l}_x + \frac{\partial p}{\partial y} \bar{l}_y + \frac{\partial p}{\partial z} \bar{l}_z$  — градиент давления.

На основании определения понятия расхода (количество материала через поперечное сечение трубы  $S$  за время  $t$ ) необходимо проинтегрировать уравнение (2) по  $S$  и  $t$ , предварительно умножив его на  $dSdt$ :

$$\int_S \bar{\rho} \bar{v} dS - \iint_{St} (\bar{F}_m - \nabla p) dS dt. \quad (3)$$

Допустим, что давление потока (скорость) имеет одинаковую величину в любой точке поперечного сечения трубы. Тогда уравнение (3) с учетом того, что произведение  $\bar{F}_m dS = 0$ , можно записать в следующем виде:

$$\bar{\rho} \bar{v} S = \int_t \nabla p dt. \quad (4)$$

Из уравнения (4) следует, что количество материала плотностью  $\rho$ , переданное по трубопроводу сечением  $S$  со скоростью  $\bar{v}$  за время  $t$ , пропорционально интегралу от градиента давления по времени.

Допустим, что тензор давления симметричный, т. е.  $\frac{\partial p}{\partial x} = \frac{\partial p}{\partial y} = \frac{\partial p}{\partial z}$ , тогда уравнение (4) можно записать так:

$$\bar{\rho} \bar{v} S = \int_t \frac{\partial p}{\partial x} dt. \quad (5)$$

Для определения количества транспортируемого материала достаточно измерять градиент давления по продольной оси на поверхности трубы.

Результаты экспериментальных исследований аэродинамических параметров пневмотранспорта измельченной древесины как на коротких экспериментальных установках, так и на промышленных линиях ПО «Братский ЛПК», подтверждают зависимость (5), хотя давление измеряли одним датчиком. В связи с этим следует отметить, что определенное одним датчиком давление тоже есть градиент — разность между атмосферным давлением и давлением в трубопроводе, или давлением на выходе материала и давлением в точке замера.

Работа системы автоматического учета основана на интегрировании параметра давления в трубопроводе, преобразованного в аналоговый электрический сигнал постоянного тока, который пропорционален количеству перемещаемого материала. Коэффициенты пересчета давления в величину массового расхода технологической щепы определяют на базе нагрузочных характеристик пневмолинии.

При проведении экспериментальных исследований было обнаружено, что потери статического давления в трубопроводе (сопротивление сети) находятся в прямолинейной зависимости от количества подаваемой в трубопровод измельченной древесины. Эта нагрузочная характеристика постоянна для каждой конкретной пневмолинии в каждый момент времени, так как зависит от внешних условий, плотности транспортируемого материала, степени износа внутренней поверхности трубопровода и т. д.

Снятие нагрузочных характеристик пневмотранспортных линий ПО «Братский ЛПК» проводили в следующем порядке. После запуска воздуходувных машин и измерения давления по чистому воздуху включали конвейер подачи щепы нормальной фракции. При достижении стабилизации пневмотранспортного потока по давлению фиксировали показания образцового манометра, установленного до питателя с последующей остановкой конвейера. Далее с одного погонного метра транспортера отбирали пробы щепы и взвешивали. Эксперимент повторяли несколько раз для каждой пневмолинии.

Мгновенный массовый расход технологической щепы, т/ч, определяют по следующей формуле:

$$G_m = 3,6vg, \quad (6)$$

где  $v$  — скорость движения ленточного конвейера нормальной щепы, м/с;

$g$  — измеренная масса слоя щепы, взятая с одного погонного метра конвейера, кг.

Ошибка при определении количества транспортируемого материала определяется классом точности датчиков давления и расстоянием между точками их установки  $\Delta x$ . Это расстояние необходимо выбирать из условий инерционности используемых приборов и объекта учета  $\Delta x = f(T_{\text{приборов}}, T_{\text{объекта}})$ . В настоящее время применяемые на производстве приборы не позволяют с достаточной степенью точности измерить градиент давления на небольших расстояниях.

Кроме того, если с целью учета использовать обычные промышленные датчики давления и преобразователи, то они уже по своей конструкции представляют простейшие интеграторы из-за наличия разного рода пружин и т. п. Поэтому для точного определения градиента давления (расхода материала) необходимо или учитывать интегрирующие свойства датчиков и преобразователей (для чего требуются дополнительные исследования), или использовать безынерционные высокочувствительные датчики давления, например, оптико-электрического типа.

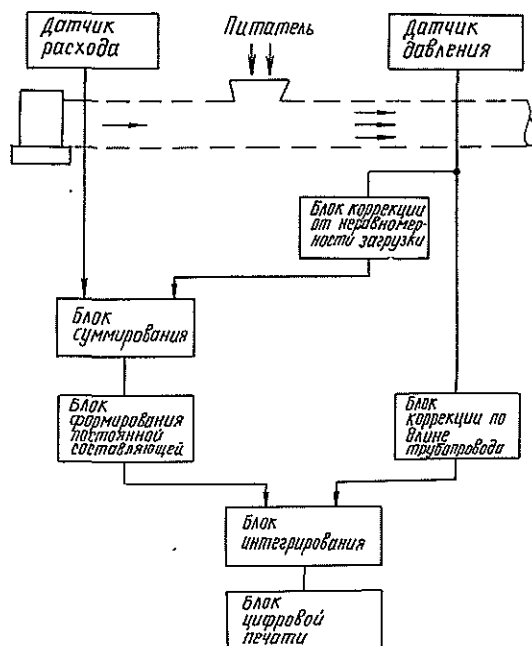


Рис. 1. Общая структурная схема локальной системы автоматического учета массового расхода технологической щепы

Система автоматического учета массового расхода транспортируемого материала, работающая на аэродинамическом методе учета, реализована в работе [1] (рис. 1) и включает в себя датчик расхода, датчик давления, блок коррекции по пульсациям давления от неравномер-



ности загрузки материала в питатель [4], блок суммирования, блок формирования постоянной составляющей, блок коррекции от пульсаций давлений по длине трубопровода, блок интегрирования, блок цифровой печати.

Локальная автоматическая система учета (рис. 2) выполнена на базе датчика давления, в качестве которого используют широко применяемый на производстве пневмоэлектрический преобразователь давления (ПЭ-55М) и вторичного интегрирующего прибора (ПВИ-7).

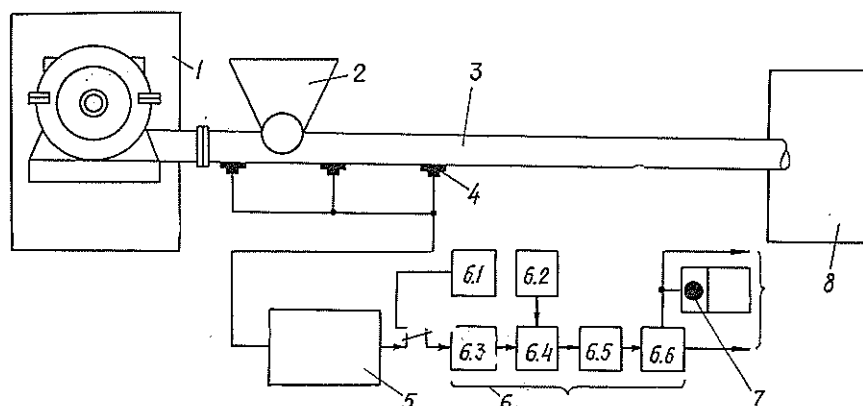


Рис. 2. Общая структурная схема цеховой системы автоматического учета массового расхода технологической щепы: 1 — воздуходувная машина; 2 — питатель; 3 — транспортный трубопровод; 4 — точки отбора давления; 5 — первичный преобразователь давления; 6 — интегратор-счетчик (6.1 — источник эталонного сигнала; 6.2 — генератор эталонной частоты; 6.3 — входное устройство; 6.4 — преобразователь постоянного тока; 6.5 — комбинированный делитель частоты; 6.6 — выходное устройство); 7 — электромеханический счетчик импульсов; 8 — склад хранения технологической щепы

Прибор типа ПЭ-55М предназначен для преобразования пневматического сигнала, поступающего от пневматического датчика или регулятора в унифицированный электрический сигнал постоянного тока.

Интегратор-счетчик ПВИ-7 предназначен для интегрирования унифицированных сигналов постоянного тока и напряжения с цифровым отсчетом значения интеграла от входного сигнала по времени и для формирования импульсных сигналов с периодом повторения импульсов, соответствующим периоду счета.

Цеховая система учета массового расхода технологической щепы построена на базе микро-ЭВМ «Искра-1256» (рис. 2).

Выбор микро-ЭВМ «Искра-1256» в качестве базовой определяется техническими возможностями данной машины и используемого в ней специального алгоритмического языка, удобного для организации учета и управления потоком материала. Интерфейсные блоки машины позволяют проводить учет одновременно по 47 каналам с разными уровнями входных сигналов, что делает возможным создание автоматической системы учета массового расхода технологической щепы для лесопромышленного комплекса с развитой сетью пневмотранспортных линий. Наличие таймера позволяет фиксировать продолжительность работы воздуходувных машин под нагрузкой и длительность простоев пневмолиний.

В настоящее время цеховая система автоматического учета массового расхода технологической щепы находится в стадии промышленного внедрения на пневмолиниях ПО «Братский ЛПК».

Ожидаемый экономический эффект составил 96,4 тыс. р. Локальная система учета на базе счетчиков-интеграторов ПВИ-7 внедрена на пневмолиниях ПО «Братский ЛПК». Фактический экономический эффект составил 37,2 тыс. р. на 61,1 тыс. м<sup>3</sup> перемещенного материала. Полученный эффект достигнут за счет улучшения организации производства (снижение времени простоев оборудования, эффективное использование производственных мощностей и т. д.).

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. А. с. 1229150 СССР. Устройство для управления транспортированием материала в пневмотранспортных системах / П. Ф. Тюриков, А. В. Дементьев.— Оpubл. 07.05.86, Бюл. № 17 // Открытия. Изобретения.— 1986.— № 17. [2]. Дьярмат И. Неравновесная термодинамика.— М.: Мир, 1974.— 304 с. [3]. Кремлевский П. П. Измерение расхода многофазных потоков.— Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1982.— 214 с. [4]. Петровский В. С., Тюриков П. Ф. Автоматическая система регулирования расхода воздуха— средство повышения эффективности пневмотранспорта технологической щепы // Лесн. журн.— 1983.— № 5.— С. 70—73.— (Изв. высш. учеб. заведений). [5]. Производство технологической щепы из отходов лесопиления и деревообработки.— М.: ВНИИПИЭИлеспром, 1978.— 64 с. [6]. Френкель Я. Н. Кинетическая теория жидкости.— М.: Наука, 1975.— 526 с.

Поступила 30 июня 1987 г.

## ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

УДК 676 481

**ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ  
ЭЛЕКТРОПРОВОДНЫХ ПОКРЫТИЙ  
ЭЛЕКТРОГРАФИЧЕСКОЙ БУМАГИ,  
НАПОЛНЕННЫХ ГИДРОФИЛИЗОВАННЫМИ НАПОЛНИТЕЛЯМИ**

*Б. П. ЕРЫХОВ, М. Г. КРЫМЕР, А. С. ГОЛОВКОВ,  
А. В. МОРЕВ, М. А. ПИЛИЯ*

Ленинградская лесотехническая академия

Один из возможных методов регулирования структуры полиэлектродного покрытия — введение наполнителей в состав покровной композиции [1].

Электропроводность материалов с проводимостью ионного типа определяется концентрацией ионов, которая в данном случае обусловлена степенью диссоциации электролита, связанной с количеством влаги, сорбируемой покрытием из окружающей среды. Исходя из этого, большое значение имеет степень гидрофильности всех компонентов покрытия, в том числе применяемого наполнителя.

Анализ литературных данных [1, 2, 4] показал, что из известных наполнителей наилучшие сорбционные свойства имеют каолин, белая сажа, аэросил.

Разработана технология модифицирования поверхности аэросила и белой сажи с целью придания им более гидрофильных свойств, а на Калужском ПО «Хлорвинил» освоен выпуск наполнителей АДЭГ и БСЭГ, модифицированных этиленгликолем, и АМГ, модифицированных глицерином. По методу БЭТ удельная поверхность АДЭГ и АМГ составляет 300 м<sup>2</sup>/г, БСЭГ — 100 м<sup>2</sup>/г.

Сорбционные свойства наполнителей оценивали путем определения впитываемости воды при одностороннем смачивании покрытием на основе карбамидоформальдегидной смолы с различной степенью наполнения. Дополнительно в состав покрытия вводили хлористый аммоний в количестве 5 % к массе смолы для ускорения процесса ее отверждения. При таком количестве отвердителя смола обладает минимальной впитывающей способностью и сорбционные свойства покрытия определяются наполнителем.

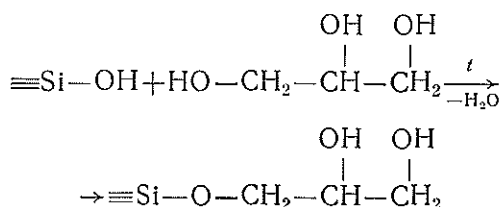
Покрытия массой 5 г/м<sup>2</sup> наносили на проклеенный целлюлозный субстрат массой 75 ± 3 г/м<sup>2</sup> с помощью лабораторной установки с ручной протяжкой, оборудованной ракелем Майера, сушили при температуре 105 °С, а затем термостатировали при 140 °С в течение 10 мин до полного завершения процесса отверждения смолы.

В таблице приведены данные о впитываемости воды при одностороннем смачивании покрытием из карбамидоформальдегидной смолы с различными наполнителями.

Анализ данных, приведенных в таблице, показывает, что мелкодисперсные наполнители в сравнении с каолином значительно эффективнее повышают впитывающую способность покрытия по отношению к воде. Впитывающая способность зависит как от удельной поверхности наполнителя, так и от ее природы. Влагосодержание покрытия значительно возрастает при использовании наполнителя с поверхностью, модифицированной этиленгликолем и особенно глицерином.

Наполнитель	Впитываемость воды, г/м <sup>2</sup> , при массовой степени наполнения, %			
	0	5	15	30
Каолин	—	4,5	5,0	6,0
БС-100	—	5,5	8,0	13,0
А-300	—	6,0	9,0	14,5
БСЭГ-100	—	6,0	10,0	16,5
АДЭГ-300	—	9,0	11,5	18,0
АМГ-300	—	9,0	15,5	20,5
Без наполнителя	4,0	—	—	—

обработке на поверхности диоксида кремния (имеющего гидроксильных групп 0,5 мкмоль на 1 г) происходит химическая реакция с образованием эфирного соединения



при увеличении количества поверхностных гидроксильных групп в два раза.

Поскольку аэросилы АДЭГ-300 и АМГ-300 наиболее гидрофильны, их использование в составе электропроводного покрытия наиболее целесообразно.

Для исследования влияния наполнителей на электропроводные свойства бумаги-основы составы полиэлектролита марки ВПК-402, наполненные АМГ-300, наносили на проклеенный целлюлозный субстрат массой  $75 \pm 3$  г/м<sup>2</sup> с помощью лабораторной поливочной установки с купающим валиком. Массу наносимого покрытия варьировали путем изменения концентрации покровной композиции. Сушку изготовленных образцов осуществляли при 105 °С.

Анализ зависимости удельной поверхностной электропроводности от влажности для покрытий с различной степенью наполнения (рис. 1) показывает, что в интервале влажностей от 33 до 65 %, соответствующем реальным условиям эксплуатации электрографической бумаги, наименьшая зависимость наблюдается для покрытий с массовой степенью наполнения 15 % (рис. 1, кривая 2). Такая степень наполнения обеспечивает наилучшие электропроводные свойства бумаги-основы при низкой относительной влажности окружающего воздуха.

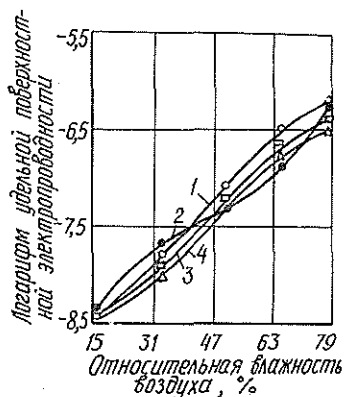


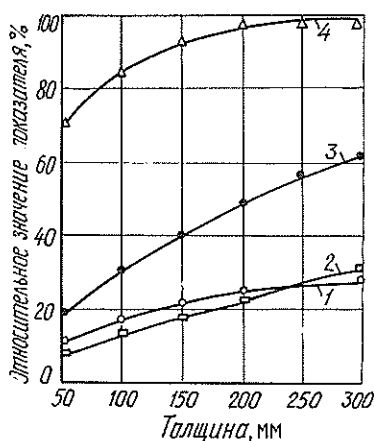
Рис. 1. Зависимость удельной поверхностной электропроводности покрытия массой 5 г/м<sup>2</sup> от относительной влажности воздуха при массовой степени наполнения электропроводного состава: 1 — 0 %; 2 — 5 %; 3 — 15 %; 4 — 30 %

При массовой степени наполнения 5 и 30 % электропроводные свойства покрытий при 15 %-ной относительной влажности находятся на уровне чистых полиэлектrolитных покрытий, а при остальных значениях влажности — несколько меньше. Вероятно, подобная зависимость электропроводности от степени наполнения электропроводного состава связана с особенностями структуры формирующегося электропроводного покрытия.

Для изучения структуры электропроводных покрытий в кюветах из винипласта (размером  $200 \times 300$  мм) отливали пленки как из чистого полиэлектrolита, так и из наполненного АМГ-300 при различной степени наполнения. Пленки сушили в кюветах на воздухе до окончательного высыхания, а их толщину варьировали путем изменения концентрации электропроводного состава.

Для полупроводящих пленок на УРОМСе определяли динамический модуль сдвига.

Рис. 2. Зависимость динамического модуля сдвига пленок от их толщины при различной массовой степени наполнения аэросилом АМГ-300: 1—0 %; 2—5; 3—15; 4—30 %; максимальное значение динамического модуля сдвига — 235 МПа



Из данных, представленных на рис. 2, видно, что с повышением степени наполнения динамический модуль сдвига возрастает. Отклонение наблюдается для массовой степени наполнения 5 %. Как известно [3], для незначительной массовой степени наполнения (порядка 5...7 %) характерно формирование массивных структурных элементов; достигаемая степень структурирования полимерной матрицы обычно выше, чем у ненаполненного полимера. С возрастанием степени наполнения размер структурных элементов понижается, а плотность их упаковки, так же как и число связей между ними, увеличивается. Это приводит к повышению жесткости пленок с возрастанием степени наполнения, что хорошо согласуется с данными, представленными на рис. 2. Отклонение от рассмотренной закономерности для пленок с массовой степенью наполнения 5 %, по всей видимости, связано с тем, что структурные элементы формируются более массивными, чем вообще без наполнителя, что приводит к образованию рыхлой структуры с низкой плотностью упаковки элементов и небольшим числом связей между ними.

Характер регулирующего влияния гидрофилизованного наполнителя АМГ-300 на структуру полиэлектrolитного покрытия, определяющий его электропроводные свойства, выявляется при анализе физико-механических свойств соответствующих образцов бумаги-основы (рис. 3).

Симбатность монотонного уменьшения сопротивления излому при возрастании степени наполнения с одновременным монотонным повышением разрывной длины при неоднозначных изменениях динамического модуля сдвига свидетельствует об уменьшении и постепенном

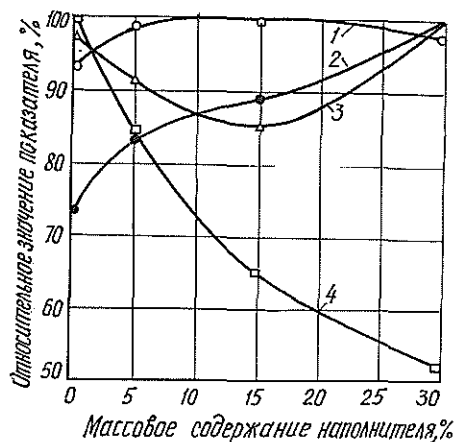


Рис. 3. Влияние содержания наполнителя на физико-механические свойства бумаги-основы: 1 — толщина (максимальное значение 120 мкм); 2 — разрывная длина (максимальное значение 5 250 м); 3 — динамический модуль сдвига (максимальное значение 980 МПа); 4 — сопротивление излому (максимальное значение 105 дв. п)

исчезновении в структуре бумаги-основы промежуточного слоя на границе между целлюлозным субстратом и поверхностным электропроводным покрытием. Это также подтверждается явно выраженной тенденцией к увеличению эффективной толщины бумаги-основы по мере возрастания содержания наполнителя в полиэлектrolитном покрытии.

Подобные представления об особенностях структуры наполненных полиэлектrolитных покрытий хорошо согласуются с отмеченным выше влиянием наполнителя на их электропроводные свойства.

В целом введение в состав полиэлектrolитного покрытия мелкодисперсных наполнителей с гидрофилизованной поверхностью — эффективный метод регулирования структуры и свойств электропроводной бумаги — основы электрографической бумаги.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. С. 1038920 СССР, G0365/14, D21H5/00. Состав барьерного электропроводного покрытия электрографической бумаги / А. В. Морев, В. А. Смирнов, Р. А. Евлахова и др. (СССР).— № 3447109/28-12; Заявлено 03.06.82; Оpubл. 30.08.83, Бюл. № 32 // Открытия. Изобретения.— 1983.— № 32.— С. 188. [2]. А. С. 1172973 СССР D21H1/22, 21D3/00. Способ приготовления состава для поверхностной обработки бумаги и картона / А. А. Чуйко, А. В. Морев, А. С. Головкин и др. (СССР).— № 3761977/29; Заявлено 29.06.84; Оpubл. 15.08.85, Бюл. № 30 // Открытия. Изобретения.— 1985.— № 30.— С. 110. [3]. Зубов П. И., Сухарева А. А. Структура и свойства полимерных покрытий.— М.: Химия, 1982.— 256 с. [4]. Пигменты для мелования бумаги: Монография № 7 технической ассоциации целлюлозно-бумажной промышленности США / Тарри.— М.; Л.: Гослесбумиздат, 1959.— 250 с.

Поступила 23 ноября 1987 г.

УДК 630\*813.13

### СУЛЬФИТНО-ФОСФОРНОКИСЛАЯ ВАРКА ЦЕЛЛЮЛОЗЫ

Р. Е. СМОРНОВ, Ю. Г. БУТКО, С. А. ВАКУЛЕНКО,  
В. С. РОЖНЕНКО, С. В. СОЛОДОВА

Ленинградский технологический институт

В производстве сульфитной целлюлозы большой интерес представляют ступенчатые способы варки. Они привлекают прежде всего большой гибкостью, возможностью целенаправленно влиять на процесс варки. Изменяя соответствующим образом параметры ступеней, можно получить полуфабрикат с требуемыми свойствами [1].

С точки зрения повышения выхода целлюлозы из древесины и улучшения качества полуфабриката, наибольшее внимание привлекают двухступенчатые варки с понижающимися значениями рН растворов по ступеням. Повышение выхода целлюлозы при таких варках происходит за счет углеводной части древесины, благодаря чему последующие стадии обработки целлюлоза проходит по обычным, имеющимся на предприятиях схемам. Высокая эффективность двухступенчатой варки доказана продолжительной работой зарубежных предприятий, а также опытом Слокского целлюлозно-бумажного завода, применяющего в течение нескольких лет бисульфит-сульфитный способ [2]. Однако этот вариант двухступенчатой варки имеет существенный недостаток — загрязнение воздуха сернистым газом  $SO_2$ , поскольку вторую ступень проводят в кислой среде при добавлении в котел водного раствора  $SO_2$ .

В целях совершенствования двухступенчатой варки, исключения загрязнения атмосферы сернистым газом на второй ступени варки вместо водного раствора  $SO_2$  нами впервые применена ортофосфорная кислота. Выбор этот обусловлен тем, что ортофосфаты используют на сульфит-целлюлозных предприятиях в качестве питательных солей при переработке отработанного сульфитного щелока на кормовые дрожжи.

Сульфитно-фосфорнокислые варки осуществляли в автоклавах (емкостью 1,5 л), помещаемых в масляную баню, снабженную регулируемым электрообогревом. Первая сульфидирующая ступень обработки была для всех варок одинаковой и включала обработку навесок еловой щепы раствором, содержащим 3 %  $SO_2$  и имевшим рН 6,0. Обработку проводили при 160 °С в течение 2 ч. Получившиеся твердые остатки доваривали в различных условиях. Во второй ступени варки исследовали концентрацию применяемой ортофосфорной кислоты, температуру и продолжительность обработки.

После варки определяли выход целлюлозы из древесины, количество непровара, показатели механической прочности целлюлозы, ее белизну. Отработанный щелок анализировали на содержание редуцирующих веществ (РВ), количество сухих и органических веществ, плотность.

Для установления количественных зависимостей изучаемых показателей целлюлозы и щелока от параметров второй ступени варки использовали математические методы планирования эксперимента. Варки проводили в соответствии с планом факторного эксперимента  $2^3$ .

Уровни факторов и интервалы варьирования переменных представлены в таблице.

Фактор	Уровень факторов			Шаг варьирования
	+ 1	0	- 1	
Концентрация ортофосфорной кислоты $X_1$ , %	2	1,5	1	0,5
Продолжительность стоянки на конечной температуре $X_2$ , ч	2	1,5	1	0,5
Конечная температура $X_3$ , °С	150	145	140	5,0

После соответствующей математической обработки результатов [3] были получены следующие адекватные уравнения регрессии:

$$E_B = 58,0700 - 0,4750x_1 - 1,2003x_2 - 2,5220x_3 - 0,2750x_1x_2 + 0,2750x_2x_3 - 0,2730x_1x_2x_3; \quad (1)$$

$$E_H = 2,8813 - 0,1187x_1 - 0,3688x_2 - 0,4680x_3 - 0,5562x_1x_2x_3; \quad (2)$$

$$E_K = 17,5520 - 0,7510x_1 - 2,5720x_2 - 4,3218x_3 + 0,1250x_1x_2x_3; \quad (3)$$

$$E_6 = 67,3100 + 0,3125x_1 + 0,8125x_2 + 0,3125x_1x_3 + \\ + 0,4375x_2x_3; \quad (4)$$

$$E_{II} = 0,3725 - 0,0425x_2 - 0,0795x_3 - 0,0181x_1x_3 + \\ + 0,0295x_2x_3 - 0,0170x_1x_2x_3; \quad (5)$$

$$E_{II} = 8,0700 - 0,1740x_1 - 0,9820x_2 - 1,0520x_3 + \\ + 0,1200x_1x_2 + 0,6530x_2x_3 - 0,1200x_1x_2x_3; \quad (6)$$

$$E_{II} = 1,8430 - 0,4050x_2 - 0,1840x_3; \quad (7)$$

$$E_p = 69,8200 + 2,1200x_1 + 4,1200x_2 + 9,1200x_3 + \\ + 1,2500x_1x_2 - 0,8750x_1x_3 - 2,5200x_2x_3 + \\ + 0,6250x_1x_2x_3; \quad (8)$$

$$E_{ощ} = 78,5350 + 0,5612x_1 + 0,7725x_2 + \\ + 2,7312x_3 + 0,1812x_2x_3; \quad (9)$$

$$E_{сш} = 21,0812 + 0,3412x_1 + 0,9262x_2 + 3,0662x_3 + \\ + 0,3087x_1x_3 + 1,0612x_2x_3 + 0,1787x_1x_2x_3; \quad (10)$$

$$E_{рш} = 1,8223 + 0,1175x_1 + 0,2950x_2 + 0,3750x_3 + \\ + 0,3100x_1x_3 + 0,1900x_1x_3 + 0,2025x_2x_3 + \\ + 0,2075x_1x_2x_3; \quad (11)$$

$$E_{рп} = 1,1188 + 0,1819x_1 + 0,3183x_2 + 0,4122x_3 + \\ + 0,1988x_2x_3 + 0,1804x_1x_2x_3; \quad (12)$$

где  $E_v$  — выход целлюлозы из древесины, %;  
 $E_{II}$  — количество непровара, %;  
 $E_k$  — степень провара целлюлозы, ед. Каппа;  
 $E_6$  — белизна целлюлозы, %;  
 $E_n$  — сопротивление продавливанию, МП;  
 $E_d$  — разрывная длина, км;  
 $E_{II}$  — сопротивление излому, тыс. дв. перегибов;  
 $E_p$  — сопротивление раздиранию, сН;  
 $E_{ощ}$  — содержание органических веществ в сухом остатке щелока, %;  
 $E_{сш}$  — содержание сухих веществ в щелоке, %;  
 $E_{рш}$  — содержание РВ в щелоке, %;  
 $E_{пш}$  — плотность щелока, г/см<sup>3</sup>;

$$x_1 = \frac{X_1 - 1,5}{0,5}; \quad x_2 = \frac{X_2 - 1,5}{0,5}; \quad x_3 = \frac{X_3 - 145}{5}.$$

Полученные количественные зависимости отражают влияние основных факторов второй ступени двухступенчатой варки еловой древесины на основные показатели целлюлозы и щелока.

Знаки коэффициентов регрессии показывают характер влияния факторов, а их величины — количественную меру этого влияния.

Так, в уравнении (1) знак «минус» перед коэффициентами линейных членов  $x_1$ ,  $x_2$ ,  $x_3$  свидетельствует о том, что уменьшение этих факторов ведет к увеличению выхода целлюлозы. Особенно сильное влияние на этот показатель оказывают конечная температура варки  $x_3$  и



продолжительность стоянки на конечной температуре  $x_2$ . По эффективности эти факторы в два раза превосходят концентрацию ортофосфорной кислоты  $x_1$ .

Как видно из уравнения (3), очень сильно ускоряет варку конечная температура. Аналогичное по характеру, но значительно меньшее по величине действие на изменение степени делигнификации целлюлозы оказывают продолжительность стоянки на конечной температуре и концентрация ортофосфорной кислоты.

Определенный интерес вызывает также рассмотрение полученных математических зависимостей изменения показателей механической прочности при варьировании факторами варки (уравнения (5) — (7)).

Очевидно, переменные  $x_1$ ,  $x_2$ ,  $x_3$  отрицательно влияют на разрывную длину и наиболее сильно — конечная температура варки  $x_3$ . Примерно такое же влияние оказывают факторы варки и на сопротивление излому и продавливанию. Очень слабое действие на изменение сопротивления излому и продавливанию оказывает концентрация ортофосфорной кислоты (коэффициент при  $x_1$  в соответствующих уравнениях оказался незначительным); однако ее влияние проявляется во взаимодействии с другими переменными.

Иные зависимости обнаружены при анализе уравнений (4) и (8), описывающих характер изменения степени белизны и сопротивления раздиранию целлюлозы. Эти показатели возрастают как с повышением концентрации ортофосфорной кислоты, так и с увеличением конечной температуры и продолжительности стоянки на конечной температуре. Различное влияние изучаемых факторов варки на показатели механической прочности целлюлозы можно объяснить разным выходом из древесины, связанным с различным содержанием гемицеллюлоз в целлюлозах [4].

О влиянии изучаемых факторов варки на показатели щелока можно сказать следующее. Во всех уравнениях (9) — (12) знак «плюс» перед коэффициентами линейных членов  $x_1$ ,  $x_2$ ,  $x_3$  свидетельствует о том, что увеличение этих факторов ведет к повышению всех показателей щелока: РВ, органических и сухих веществ, плотности. Особенно заметное влияние на эти показатели щелока оказывает конечная температура варки.

Поиск оптимальных условий варки проводили на ЭВМ ЕС-1020 методом варьирования всех комбинаций независимых переменных.

Была поставлена задача — определить параметры второй ступени варки, обеспечивающие максимальные значения выхода белимой целлюлозы из древесины и разрывной длины при степени провара целлюлозы 25 ед. числа Каппа. В изучаемой области изменения переменных второй ступени были найдены следующие параметры: концентрация ортофосфорной кислоты — 1,05 %; конечная температура варки — 140 °С; продолжительность стоянки на конечной температуре — 1 ч. 50 мин. Общий выход целлюлозы из древесины составил 58,4 %, разрывная длина 9,9 км.

Таким образом, нами показана принципиальная возможность замены во второй ступени двухступенчатой варки  $\text{SO}_2$  на ортофосфорную кислоту, что позволяет резко уменьшить и даже исключить выбросы сернистого газа при варке целлюлозы. Из исследованных с помощью метода факторного планирования эксперимента переменных второй ступени варки наиболее сильное влияние оказывает температура варки, далее в порядке убывания идут продолжительность стоянки на конечной температуре и концентрация ортофосфорной кислоты. Последнее обстоятельство имеет важное значение, поскольку показывает возможность дальнейшего снижения концентрации применяемой для варки ортофосфорной кислоты.

## ЛИТЕРАТУРА

[1]. Бутко Ю. Г., Макушин Е. М. Ступенчатые варки целлюлозы.— М.: ВНИПИЭИлеспром, 1968.— 57 с. [2]. Двухступенчатая сульфитная варка целлюлозы / Ю. Н. Ефремов, С. А. Пузырев, Р. Е. Смирнов и др. // Бум. пром-сть.— 1988.— № 2.— С. 6—7. [3]. Налимов В. В., Чернова Н. А. Статистические методы планирования экстремальных экспериментов.— М.: Наука, 1965. [4]. Смирнов Р. Е., Элиашберг М. Г. Влияние условий первой ступени двухступенчатой варки на выход и качество целлюлозы // Реф. информ.— 1973.— № 9.— С. 10—11.— (ВНИПИЭИлеспром. Целлюлоза, бумага и картон).

Поступила 21 сентября 1989 г.

УДК 547.992.3

## О СОЛЬВАТАЦИИ ЛИГНОСУЛЬФОНАТОВ В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ

В. В. НЕКРАСОВ, А. В. ФЕСЕНКО, О. М. СОКОЛОВ

Архангельский лесотехнический институт

Взаимодействие растворенного вещества с растворителем тесно связано с явлением сольватации [2]. Силы взаимодействия между веществом и растворителем подразделяют на более слабые — вандерваальсовские — и более сильные, обусловленные водородными связями. Различают два вида физической сольватации: близко- и дальнего действия. В растворах высокомолекулярных соединений (ВМС) могут одновременно наблюдаться процессы сольватации и ассоциации растворенных макромолекул ВМС. Исследования растворов сульфатного лигнина в органических растворителях показали [3—5], что степень сольватации лигнина существенным образом зависит от природы растворителя, концентрации раствора и его температуры.

В настоящей работе поставлена цель: исследовать степень сольватации лигносульфонатов в водных растворах.

В качестве объекта изучения выбраны лигносульфонаты технические (ЛСТ) Архангельского ЦБК, соответствующие ОСТ 13-183—83.

Физико-химические показатели ЛСТ:

Массовая доля сухих веществ, % . . . . .	50,6
Массовая доля золы к массе сухих веществ, % . . . . .	16,0
Плотность при 20 °С, кг/м <sup>3</sup> . . . . .	1 234
Содержание метоксильных групп, % . . . . .	8,27
Содержание кислых групп, мг · экв/г . . . . .	3,15
Среднемассовая молекулярная масса, $\overline{M}_w$ . . . . .	48 400
Среднечисловая молекулярная масса, $\overline{M}_n$ . . . . .	9 700
Степень полидисперсности, $\overline{M}_w/\overline{M}_n$ . . . . .	4,99
Характеристическая вязкость, 100 мл/г . . . . .	0,05

Массовую долю сухих веществ и золы, плотность определяли по методикам [6], содержание метоксильных и кислых групп — по методикам [1], средние молекулярные массы ЛСТ и степень полидисперсности — методом гель-фильтрации [7, 8].

Степень сольватации макромолекулами ЛСТ молекул растворителя рассчитывали по методике, описанной в работах [2—5], согласно уравнению:

$$h = \left(1 - \frac{\beta_s}{\beta_s^0}\right) \frac{w_1}{w_2}, \quad (1)$$

где  $\beta_s^0$  и  $\beta_s$  — адиабатические сжимаемости растворителя и раствора;

$W_1$  и  $W_2$  — массовая доля растворителя и растворенного ЛСТ;

$h$  — степень сольватации, количество воды, сольватированной единицей массы растворенного ЛСТ.

Адиабатическая сжимаемость может быть подсчитана из соотношения

$$\beta_s = U^{-2} \rho^{-1}. \quad (2)$$

Здесь  $\rho$  — плотность раствора,  $\text{кг/м}^3$ ;  
 $U$  — скорость распространения ультразвука в растворе,  $\text{м/с}$ .

С учетом (2) уравнение (1) принимает вид

$$h = \left( 1 - \frac{\rho_1 U_1^2}{\rho_2 U_2^2} \right) \frac{w_1}{w_2} \quad (3)$$

Скорость ультразвука определяли по методике, описанной в работах [3—5]. Частота ультразвука  $\nu = 1,8$  МГц. Схема установки описана в работе [5]. В схему нами внесены изменения. Вместо осциллографа ЭО-58 введен осциллограф С1-40, на экране которого отсчитывали время прохождения ультразвукового импульса, излучаемого датчиком УДМ-1М. Точность определения скорости ультразвука составила 0,5 %. Исследовали водные растворы ЛСТ при 20 °С с разным массовым содержанием. Результаты представлены в таблице.

Массовое содержание ЛСТ в растворе, %	Плотность, $\text{кг/м}^3$	Скорость ультразвука $U \cdot 10^{-3}$ , $\text{м/с}$	Адиабатическая сжимаемость, $\text{с}^2 \cdot \text{м/кг}$	Степень сольватации, $\text{кг H}_2\text{O/кг ЛСТ}$
10	1 038	1,53	412	0,778
19	1 083	1,57	375	0,718
30	1 130	1,62	337	0,590
34	1 151	1,63	327	0,534
42	1 193	1,67	300	0,462
46	1 215	1,68	292	0,414
50	1 234	1,70	280	0,379

Степень сольватации ЛСТ линейно убывает с возрастанием массового содержания ЛСТ в растворе, изменяясь от 0,778  $\text{кг H}_2\text{O/кг ЛСТ}$  в 10 %-м растворе до 0,379  $\text{кг H}_2\text{O/кг ЛСТ}$  в 50 %-м растворе.

Как было показано в работах [4, 5] сольватация сульфатным лигнином определяется доступностью функциональных групп лигнина, которая, в свою очередь, зависит от свойств растворителя, возможности образования водородных и других связей, способности к ассоциации макромолекул. Эти рассуждения полностью можно перенести и на ЛСТ.

В изотермических условиях с увеличением массового содержания ЛСТ в растворе главную роль играют процессы ассоциации макромолекул. Следовательно, часть функциональных групп ЛСТ участвует в процессе ассоциации, т. е. уменьшается количество функциональных групп, способных сольватировать молекулы воды за счет водородных связей.

Сопоставляя процессы сольватации сульфатного лигнина в неводных растворах с сольватацией ЛСТ в воде, можно указать на ряд общих закономерностей. Во-первых, это линейная убыль сольватации в изотермических условиях с ростом массового содержания раствора, которая может служить косвенным доказательством того, что уменьшение сольватации обусловлено одним механизмом — взаимодействием функциональных групп макромолекул как сульфатного лигнина, так и ЛСТ друг с другом. Во-вторых, число молекул диметилформамида, удерживаемых в сольватной оболочке лигнином,  $N = (0,782/73,1) \times 6,02 \cdot 10^{26} = 6,43 \cdot 10^{24}$  молекул на 1  $\text{кг}$  сульфатного лигнина, а в сольватной оболочке ЛСТ число молекул воды  $N = (0,778/18) \times 6,02 \cdot 10^{26} = 28 \cdot 10^{24}$  на 1  $\text{кг}$  ЛСТ, т. е. в четыре раза больше. Для других растворителей это число будет еще больше. Сложный состав ЛСТ не позволяет сделать более определенных выводов о характере взаимодействия молекул воды с макромолекулами ЛСТ.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Закис Г. Ф., Можейко Л. Н., Тельшева Г. М. Методы определения функциональных групп лигнина.— Рига: Зинатне, 1987.— 230 с. [2]. Некра-

сов В. В. О связи энергии активации вязкого течения растворителя с мольной сольватацией сульфатного лигнина в растворах // Лесн. журн.—1977.—№ 3.—С. 97—100.— (Изв. высш. учеб. заведений). [3]. Некрасов В. В. О сольватации лигнина в растворах диоксана // Лесн. журн.—1973.—№ 1.—С. 168—170.— (Изв. высш. учеб. заведений). [4]. Некрасов В. В. Сольватация макромолекул сульфатного лигнина в метилцеллозоле и тетрагидрофуруриловом спирте // Лесн. журн.—1979.—№ 3.—С. 87—89. (Изв. высш. учеб. заведений). [5]. Некрасов В. В., Соколов О. М., Боховкин И. М. О сольватации сульфатного лигнина в некоторых органических растворителях // Лесн. журн.—1975.—№ 2.—С. 114—117.— (Изв. высш. учеб. заведений). [6]. ОСТ 13—183—83. Лигносульфаты технические.— Взамен ОСТ 81—79—74; Введ. 01.11.84 до 01.11.89. [7]. Соколов О. М. Определение молекулярных масс лигнинов на ультрацентрифуге и методом гель-фильтрации: Учеб. пособие.— Л.: ЛТА, 1978.—76 с. [8]. Соколов О. М., Фесенко А. В. Расчет на ЭВМ «Минск-32» молекулярных масс и молекулярно-массовых распределений по данным гель-хроматографии.: Методические указания.— Архангельск, 1979.—32 с.

Поступила 31 марта 1989 г.

УДК 676.017 : 539.412

### ВЛИЯНИЕ СКРУЧИВАНИЯ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЕДИНИЧНЫХ ЦЕЛЛЮЛОЗНЫХ ВОЛОКОН

А. В. БЫВШЕВ, Н. М. МЕЛЬНИЧУК, Е. Е. САВИЦКИЙ,  
В. В. ЛЕВШИНА

Сибирский технологический институт

Известно, что явление скручивания волокон наблюдается на различных стадиях бумагоделательного производства, в частности, в процессе размола. Особенно это явление присуще размолу целлюлозы при высокой концентрации — выше 20 %. Установлено [2], что волокна целлюлозной суспензии 30 %-й концентрации, пропущенные через рафинер, скручиваются вдоль их широких сторон и лежат на своих узких сторонах. Вследствие этого они выглядят более тонкими, чем обычные волокна. В действительности продольное сжатие волокон слегка увеличивает площадь поперечного сечения их стенок. Поскольку размол в рафинере при высокой концентрации массы несколько уменьшает фибриллирование и вызывает сжатие и скручивание волокон, площадь эффективного контакта смежных волокон снижается, а это, в свою очередь, приводит к уменьшению прочности бумаги на разрыв.

Авторы [5] показали, что скручивание волокон снижает потенциальную прочность бумаги примерно на 40 %.

При изучении явления кручения одиночных волокон [6] установлено, что оно связано со спиральным расположением микрофибрилл во вторичной стенке целлюлозного волокна, прежде всего в слое  $S_2$ . При увлажнении целлюлозного волокна под нагрузкой вращение происходит против часовой стрелки (если его рассматривать со стороны закрепленного конца) и может достигать шести полных витков [3]. Увлажнение приводит к удлинению волокна (за счет скручивания спирали микрофибрилл), а сушка — к сокращению с одновременным возникновением значительных механических усилий. Волокна ранней древесины сосны при увлажнении более склонны к кручению по сравнению с волокнами поздней древесины.

С использованием микроскопических методов исследования [4] было показано, что волокна разрушаются в тех областях, где они скручиваются и изгибаются.

Анализируя литературные данные, можно сделать вывод, что вопросы, связанные с исследованием явления скручивания единичных целлюлозных волокон и его влиянием на физико-механические свойства

волокон, практически не изучены. В процессе размола волокна испытывают различного рода деформации: растяжение, сжатие, кручение, изгиб. С изменением условий ведения процесса размола изменяются величины и характер деформаций. Естественно, наложение их должно изменять механические характеристики волокон, их форму и размеры. При комбинированном размоле (когда на первой ступени обработку проводят при высокой концентрации массы, а домол массы идет на последующих ступенях при низкой концентрации) исчезает преимущество в бумагообразующих свойствах, приобретаемое волокнами на первой ступени, по сравнению с аналогичным размолом, но при низкой концентрации. На наш взгляд, одна из основных причин этого — существенное ослабление волокон при приложении к ним на первой ступени обработки (при высокой концентрации массы) многочисленных крутильных напряжений.

Цель настоящей работы — изучить влияние скручивания волокон на их прочность при растяжении вдоль оси волокна.

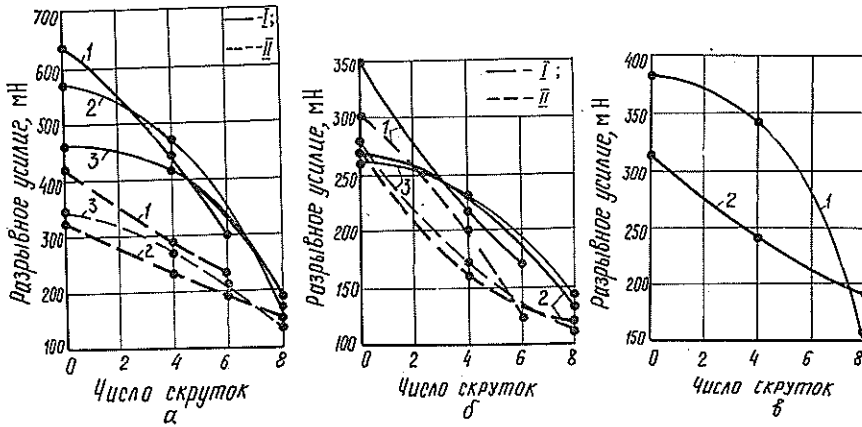
Объектом исследования являлись образцы промышленных сульфатных небеленых целлюлоз марки НС-2 Соломбальского ЦБК, марки Э-1, а также целлюлозные волокна ранней и поздней древесины сосны и лиственницы, полученные лабораторным способом, с содержанием лигнина от 17 до 4 %. Делигнификация предварительно разделенных на раннюю и позднюю часть образцов древесины сосны и лиственницы была проведена в батарейном автоклаве сульфатным способом. Режим варки: расход активной щелочи — 24 % к а.с. древесине, содержание активной щелочи — 30 г/л в ед.  $\text{Na}_2\text{O}$ , степень сульфидности — 30 %, гидромодуль 1:8, продолжительность стоянки при температуре 170 °С — 15, 60, 120 мин.

Волокна клеивали с помощью эпоксидного клея в бумажную рамку. Длина испытываемого участка волокна для всех образцов была постоянна — 1 мм, что соответствовало ширине прорези рамки. Это исключало влияние длины волокон на результаты испытаний. Полученные образцы выдерживали в течение 24 ч при комнатной температуре до полного затвердевания клея. Проникновение эпоксидного клея в испытываемый участок волокна не наблюдалось. Вклеенные волокна отсматривали в ланаметре для того, чтобы отобрать прямые волокна, не подвергнутые скрутке. Затем отсмотренные волокна подвергали скрутке. Рамку с вклеенным в нее волокном погружали в воду с целью улучшения его эластических свойств. Затем рамку разрезали, чтобы закрутить волокно вокруг оси на определенное число оборотов (1 об — 360 °), после чего ее вновь склеивали. Волокна лиственницы и сосны (при продолжительности делигнификации 15 мин) скручивались на 4 и 6 об, а волокна остальных целлюлоз — на 4 и 8 об.

Испытание единичного волокна на разрыв проводили на разрывной машине ФО-1с, представляющей собой динамометр маятникового типа. Скорость деформации была постоянной — 0,0013 м/с. Бумажную рамку с закрученным волокном вновь смазывали в воде и помещали в зажимные головки разрывной машины. Рамку разрезали, волокно подвергали разрыву. Участки разорванного волокна рассматривали в ланаметре для исключения результатов, полученных не при разрыве волокна, а его вырыве из бумажной рамки. Для обработки экспериментальных результатов использовали методы математической статистики. Расчет объема выборки проводили согласно данным работы [1]; он составил 50 волокон независимо от способа получения и природы волокна. Как показала наша многочисленная исследования, относительная ошибка в среднем составила 10 %.

На рисунке представлена зависимость среднего разрывного усилия волокон исследуемых образцов целлюлозы от числа скруток. Установлено, что у волокон лиственницы поздней падение разрывного усилия происходит значительно быстрее по сравнению с волокнами ранней (рис. а). Это связано с морфологическими особенностями лиственничной целлюлозы: ее поздние волокна имеют толстые стенки, обладают высокой плотностью, а следовательно, и жесткостью. У сосновой целлюлозы нет таких резких различий между ранними и поздними трахеидами. Поэтому разрывное усилие волокон сосны как ранних, так и поздних снижается медленнее и равномернее с увеличением числа скруток (рис. б).

Волокна с более высоким содержанием остаточного лигнина при скручивании быстрее снижают разрывное усилие по сравнению с более делигнифицированными. Это, по-видимому, связано с тем, что слабо



Зависимость разрывного усилия от числа скруток волокон сульфатной целлюлозы: а — лиственничной; б — сосновой; 1 — поздние волокна; II — ранние волокна; 1 — содержание остаточного лигнина 15 %; 2 — 6 %; 3 — 3 %; в — марки НС-2 — 1, Э-1 — 2

делигнифицированные волокна обладают высокой жесткостью, и уже небольшие деформации их приводят к уменьшению разрывного усилия. В целом, падение прочности волокон при скрутке происходит в среднем на 50 %.

Такой же характер изменения физико-механических свойств волокон при скрутке присущ образцам промышленных целлюлоз (рис. в).

Основываясь на теории кручения, мы предположили, что если зависимость между растягивающими усилиями и относительной деформацией волокон записать в обычной степенной форме:

$$f = AS\varepsilon^n, \quad (1)$$

где  $f$  — растягивающее усилие, Н;  
 $S$  — площадь поперечного сечения волокна, м<sup>2</sup>;  
 $n, A$  — постоянные;  
 $\varepsilon$  — относительная деформация,

то усилие разрыва для волокна, закрученного вокруг его оси:

$$f_p = AS(\varepsilon_0 - \varepsilon_3)^n = AS\varepsilon_0^n \left(1 - \frac{\varepsilon_3}{\varepsilon_0}\right)^n. \quad (2)$$

Здесь  $\varepsilon_0$  — критическая относительная деформация (в момент разрыва) незакрученного волокна;

$\varepsilon_3$  — относительная деформация элементов волокна в результате закрутки.

Приближенно

$$f_p = f_{p_0} \left(1 - \frac{\varepsilon_3}{\varepsilon_0}\right)^n \approx f_{p_0} - f_{p_0} \frac{n}{\varepsilon_0} \varepsilon_3, \quad (3)$$

где  $f_{p_0}$  — сила разрыва незакрученного волокна, Н.

Длину винтовой линии (форму которой приобретает исходный прямолинейный элемент на поверхности волокна, закручивающийся вокруг своей оси) находим из выражения:

$$l = \sqrt{a^2 + \frac{h^2}{4\pi^2 m^2}} 2\pi m = \sqrt{4\pi^2 m^2 a^2 + h^2}. \quad (4)$$

Здесь  $a$  — радиус волокна, м;  
 $h$  — длина базиса, м;  
 $m$  — число скруток.

Относительная деформация

$$\varepsilon_3 = \frac{\sqrt{4\pi^2 m^2 a^2 + h^2} - h}{h} \approx \frac{2\pi^2 m^2 a^2}{h^2}, \quad (5)$$

а сила разрыва

$$f_p = f_{p_0} \left( 1 - \frac{n}{\varepsilon_0} \frac{2\pi^2 m^2 a^2}{h^2} \right). \quad (6)$$

Это выражение можно переписать в виде

$$f_p = f_{p_0} \left( 1 - \frac{m^2}{m_{кр}^2} \right), \quad (7)$$

где  $m_{кр}$  — критическое число скруток, при достижении которого волокно разрывается без растяжения.

Были проведены расчеты по определению критического числа скруток, при достижении которого волокно разрывается без растяжения. Расчетные критические числа скруток составили для волокон целлюлозы: из листовничной ранней древесины — 10—11, из листовничной поздней древесины — 10—11, из сосновой ранней древесины — 10—11, из сосновой поздней древесины — 11—12, марки НС-2 — 10—11, марки Э-1 — 13. Экспериментальные данные по определению критического числа скруток волокон близки к расчетным и составили 9—10, после чего волокно разрушалось.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Денисенко В. П., Третицкий М. И. Корреляционный анализ в целлюлозно-бумажном производстве.— М.: Лесн. пром-сть, 1968.— 152 с. [2]. Кларк Д. Технология целлюлозы.— М.: Лесн. пром-сть, 1983.— 456 с. [3]. Фролов М. В. Структурная механика бумаги.— М.: Лесн. пром-сть, 1982.— 270 с. [4]. Page D. H. The coilarse behavior of pulp fibers // *Tappi.*— 1967.— V. 50, N 9.— P. 449—455. [5]. Perez M., Kallmes O. The role fiber curl in paper properties. Part X of series on the structure of paper // *Tappi.*— 1965.— V. 48, N.10.— P. 601—606. [6]. Twesting energy of holocellulose fibers / R. E. Mark, J. Thorpe, A. J. Angello и др. // *J. Polymer science.*— 1971.— V. 7, N 36.— P. 177—195.

Поступила 24 октября 1988 г.

УДК 674.815-41

### КОМПОЗИЦИОННОЕ КАРБАМИДОФЕНОЛЬНОЕ СВЯЗУЮЩЕЕ ДЛЯ ДРЕВЕСНОСТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ ПОНИЖЕННОЙ ТОКСИЧНОСТИ

И. А. ГАМОВА, Н. С. ТИМЕ, Л. И. ЛИХАЧЕВА, А. А. ЭЛЬБЕРТ

Ленинградская лесотехническая академия

Среди разнообразных способов снижения токсичности древесностружечных плит (ДСП), описанных в литературе [3, 7, 8], обращает на себя внимание большое количество исследований, направленных на модификацию карбаминоформальдегидной смолы соединениями, которые способствуют уменьшению содержания свободного формальдегида в смоле, а также увеличению устойчивости смолы к термогидролитическому воздействию. К таким соединениям относятся изоцианаты, альбумин, меламино- и фенолоформальдегидные смолы. Известно также,

что при получении древесных пластиков эффективно применять совместное связующее на основе карбамидоформальдегидных олигомеров и продуктов начальной конденсации фенола и формальдегида — фенолоспиртов [1, 2].

Нами разработано композиционное карбамидоформальдегидное связующее для ДСП, содержащее карбамидоформальдегидную смолу и фенолоспирты в соотношении 80 : 20. Изучали стойкость композиционного связующего к термогидролитическому воздействию, влияние композиционного связующего на выделение формальдегида из образцов ДСП, а также на их долговечность.

В качестве объекта исследования были взяты карбамидоформальдегидная смола КФ-МТ, карбамидоформальдегидная смола с пониженным содержанием свободного формальдегида КФ-НП, меламиноформальдегидная смола марки «Сломелам» и композиционное связующее, состоящее из смолы КФ-МТ и фенолоспиртов при их массовом соотношении 80 : 20.

Препараты образцов готовили следующим образом. В чашки Петри диаметром 8 см помещали смолу в количестве 10 г, содержащую хлорид аммония, высушивали в вакуумном шкафу при 40 °С, измельчали, просеивали через сито с диаметром ячеек 0,5 мм, после чего подвергали обработке при 100 и 160 °С. Термогидролитическую устойчивость определяли по количеству формальдегида, выделяющегося при кипячении в воде, с последующей отгонкой воды (содержащей формальдегид) толуолом, для чего использовали установку для определения воды в полимерах по Дину-старку [5].

Формальдегид, выделяющийся из образцов ДСП, определяли на этой же установке (размеры анализируемых образцов 10 × 10 мм), а также по методу [9]. Модуль сдвига пленок карбамидоформальдегидной смолы рассчитывали по резонансной частоте крутильных колебаний, определенной в звуковом диапазоне от 50 до 800 Гц на приборе УРОМС [4]. Для получения пленок карбамидоформальдегидной смолы использовали в качестве основы микалентную бумагу, которую пропитывали 50 %-м раствором смолы, высушивали на воздухе, а затем обрабатывали при 100, 130 и 160 °С.

Долговечность ДСП оценивали по результатам ускоренного старения, проведенного по методу СТВ [6], после первого цикла испытаний.

Таблица 1

## Сравнение термогидролитической устойчивости различных смол

Связующее	Количество формальдегида, выделяющегося после термогидролитического воздействия, %			
	из олигомера, отвержденного при температуре, °С			из образца ДСП*
	40 (контроль)	100	160	
КФ-МТ	2,36	2,10	0,32	0,110
КФ-НП	2,63	2,56	0,41	0,075
Меламиноформальдегидная смола	1,90	0,94	0,16	0,110
Композиционное связующее	4,24	4,27	1,58	0,095

\* Содержание связующего в плите составляло 10 % от массы абс. сухой стружки.

Как свидетельствуют данные табл. 1, выделение формальдегида из препаратов смол, отвержденных при 160 °С, значительно меньше, чем после отверждения их при 100 °С.

При определении термогидролитической устойчивости отвержденных олигомеров количество формальдегида, перешедшее в воду, очевидно, состоит из количества, выделившегося в результате углубления поликонденсации и оставшегося в структуре отвержденной смолы, а также из количества, отщепляющегося при термогидролитическом разрушении образцов (источником являются метилольные и метиленэфир-



ные группы). Разделить вклад отдельно каждого источника в определяемое количество формальдегида на данном этапе работы не удалось.

Для определения влияния различных смол на токсичность плит были изготовлены однослойные ДСП, образцы которых были проанализированы по предложенной методике нахождения термогидролитической устойчивости смол (табл. 1). Как свидетельствуют данные, прямой зависимости между термогидролитической устойчивостью смол и количеством выделившегося из образцов плит формальдегида нами не было замечено. Так, плита, содержащая термогидролитически устойчивую меламиноформальдегидную смолу, выделяет такое же количество формальдегида, что и на карбамидоформальдегидной смоле, несмотря на то, что образец отвержденной меламиноформальдегидной смолы выделяет формальдегида в 2 раза меньше, чем карбамидоформальдегидной смолы при термогидролитическом разрушении. Образец композиционного связующего, отвержденного при 100 °С, при термогидролитическом воздействии выделяет формальдегида в 4 раза больше, однако плита, содержащая композиционное связующее, выделяет формальдегида в 1,5 раза меньше, чем контрольная. Следовательно, при анализе препаратов отвержденных смол и образцов плит, изготовленных на их основе, по одной и той же методике обнаруживаются различные закономерности в выделении формальдегида.

Была оценена токсичность изготовленных плит перфораторным методом, а также по ускоренному методу WKI (выдержка при 60 °С в течение 4 ч). Данные представлены в табл. 2. Анализ их также подтверждает вывод о том, что нет прямой зависимости между термогидролитической устойчивостью отвержденной смолы и токсичностью готовых плит, определяемой принятыми методами (т. е. не более чем через 6 дней после изготовления плит).

Таблица 2

Свойства ДСП на основе различных связующих

Связующее	Показатели физико-механических свойств			Токсичность плит, мг СН <sub>2</sub> O/100 г плиты	
	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Предел прочности при изгибе, МПа	Набухание, %	WKI (4 ч 60 °С)	«Перфоратор»
КФ-МТ	644	28,4	29,8	18,24	47,5
КФ-НП	661	29,0	31,9	12,76	40,1
Меламиноформальдегидная смола	655	29,4	19,2	13,13	39,5
Композиционное связующее (температура прессования 160°)	638	22,2	32,3	11,93	33,7
Композиционное связующее (температура прессования 180°)	637	22,9	32,0	11,73	30,1

Плиты на основе термогидролитически устойчивой меламиноформальдегидной смолы выделяют такое же количество формальдегида, что и на основе малотоксичной смолы КФ-НП; это на 20 % меньше, чем выделение формальдегида из контрольных плит. Применение композиционного связующего снижает выделение формальдегида из плит на 30 %, несмотря на то, что из отвержденного образца композиционного связующего экстрагируется кипящей водой большее количество формальдегида, чем из карбамидо- и особенно меламиноформальдегидного олигомеров. Обнаружена связь между термогидролитической устойчивостью образца плиты и токсичностью плит, оцененной стандартным методом (табл. 1 и 2). Предложенную методику определения термо-

гидролитической устойчивости карбамидоформальдегидных смол, очевидно, можно использовать в дальнейших исследованиях как экспресс-метод сравнительной оценки токсичности плит.

Следовательно, композиционное связующее в сравнении с другими примененными олигомерами позволяет снизить токсичность плит в большей степени. Между тем, основные направления снижения токсичности в исследовательских работах заключаются в снижении мольного отношения карбамид: формальдегид и введении меламина в карбамидоформальдегидные смолы наравне с поисками новых отверждающих систем.

Очевидно, композиционное связующее отличается по своим свойствам от входящих в его состав компонентов. Различная реакционная способность промежуточных соединений КФС при ее отверждении и компонентов композиционного связующего связана с количеством выделяющегося формальдегида и структурой отвержденного олигомера.

Особенность отвержденного композиционного связующего состоит в том, что свойства структуры, приобретенной при низких температурах, остаются стабильными и мало изменяются при повышении температуры до 160 °С. Изменение динамического модуля сдвига образцов отвержденных смол (табл. 3) также свидетельствует о том, что число поперечных связей в единице объема композиционного связующего мало изменяется с увеличением температуры отверждения.

Таблица 3

Связующее	Модуль сдвига $G \cdot 10^3$ Н/м <sup>2</sup> образцов, обработанных при температуре, °С		
	20	100	160
КФ-МТ	8,8	10,4	—
КФ-НП	6,6	6,8	7,5
Меламиноформальдегидная смола	5,5	6,9	8,4
Композиционное связующее	7,8	8,2	8,3

Эту особенность необходимо, по-видимому, изучать, углубляя преимущества предлагаемого связующего, в условиях его отверждения во внутренних слоях ДСП.

Для отверждения композиционного связующего применяли различного вида катализаторы: толуолсульфоокислоту в сочетании с хлоридом аммония; окислительно-восстановительную систему, содержащую пиросульфат аммония и персульфат калия; персульфат аммония совместно с хлоридом аммония. Была достигнута необходимая продолжительность отверждения при 100 °С, при этом сохраняли необходимую жизнеспособность.

Таблица 4

Показатели физико-механических свойств и токсичности трехслойных ДСП с различными связующими

Состав связующего		Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Прочность при изгибе, МПа	Разбухание, %	Токсичность, мг/100 г, WКI (40 °С, 24 ч)
Внутренний слой	Наружный слой				
КФ-МТ	КФ-МТ	775	31,3	36,7	47,6
»	Композиционное связующее	790	28,6	36,1	50,0
Композиционное связующее	КФ-МТ	790	33,6	29,9	31,9

Токсичность плит, определяемая нами экспресс-методом при сопоставлении данных в процессе работы, была определена в окончательном варианте по методу WKI при выдержке образцов при 40 °С в течение 24 ч. В табл. 4 приведены данные, полученные при испытании трехслойных плит, содержащих различные добавки в наружных и внутренних слоях. Как свидетельствуют данные, введение композиционного связующего во внутренний слой позволяет получать плиты, не уступающие по физико-механическим свойствам контрольным; токсичность при этом снижается на 30...35 % (табл. 4).

Определяли устойчивость к старению плит, изготовленных с использованием композиционного связующего. Поскольку на динамику уменьшения прочности в процессе циклических испытаний наибольшее влияние оказывает первый цикл влажностно-тепловой обработки, то устойчивость к старению оценивали по изменению прочностных свойств плит.

Таблица 5

## Влияние ускоренного старения на свойства ДСП

Связующее	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Прочность при изгибе, МПа		Потеря прочности, %
		до испытания на долговечность	после 1 цикла испытания	
Карбамидоформальдегидная смола	689	31,8	7,5	77
Композиционное связующее	690	31,0	13,4	56,7

Как свидетельствуют данные табл. 5, ДСП, содержащие композиционное связующее, значительно превосходят плиты на карбамидоформальдегидной смоле по устойчивости к старению.

Таким образом, применение композиционного карбамидофенольного связующего позволяет снизить токсичность плит на 30 %, а также вдвое повысить их стойкость при разрушении в условиях ускоренного старения после первого цикла испытаний.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. с. 1130495 СССР. Способ изготовления древесного пластика из измельченной древесины и связующего / И. А. Гамова, Т. С. Коромылова, С. Д. Каменков (СССР).— Бюл. № 47 // Открытия. Изобретения.— 1984.— № 47. [2]. Гамова И. А., Каменков С. Д. Совмещенные олигомеры в технологии древесных композиционных материалов: Обзор, информ.— М.: ВНИИПИЭИлеспром, 1987.— (Плиты и фанера, вып. 4).— 48 с. [3]. Доронин Ю. Г., Кондратьев В. П. Карбамидоформальдегидные смолы для производства малотоксичных древесностружечных плит: Обзор, информ.— М.: ВНИИПИЭИлеспром, 1987.— 36 с. [4]. Ерыхов Б. П. Неразрушающие методы исследования целлюлозно-бумажных материалов.— М.: Лесн. пром-сть, 1977.— 248 с. [5]. Калинина Л. С., Моторина М. А. Анализ конденсационных полимеров.— М.: Химия, 1984.— 296 с. [6]. Хрулев В. М., Мартынов К. Я. Долговечность древесностружечных плит.— М.: Лесн. пром-сть, 1977.— 45 с. [7]. Дерре Н. J. Festing the resistance to gidrolysis of modified UR-Resins in wood-based panels // J. of Appl. Polym. Science: Appl. Polym. Symp. 1984. 40. 40-41. [8]. Myers G. Effects of post-manufacture board treatments of formaldehyde emission; a literature review (1960—1984) // Forest Prod. J.— 1986.— 36, N 6.— 41—51. [9]. Roffael E., Melhorn Z. Methode zur bustimmung der Formaldehydabgabe von Holzspanplatten // Holz und Kunststoff verberitung.— 1977.— N 10.— С. 769—777.

Поступила 29 апреля 1988 г.

УДК 630\*813.13

## СВОЙСТВА КИСЛОРОДНО-УКСУСНОКИСЛОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ

И. П. ДЕЙНЕКО, Н. Г. КОСТЮКЕВИЧ, Н. Ф. ИЗМАЙЛОВА

Ленинградская лесотехническая академия

Исследования по делигнификации древесины органическими растворителями получили значительное развитие [1]. Применение кислорода как делигнифицирующего реагента в среде органических растворителей открывает возможность осуществления процесса варки при сравнительно мягких условиях [2].

Достаточно селективно делигнификация кислородом происходит при использовании в качестве основного компонента реакционной среды уксусной кислоты [3]. Уксусная кислота — распространенный и относительно дешевый продукт основного органического синтеза и лесохимии. Теплота ее испарения в три раза меньше, чем воды. Способы регенерации уксусной кислоты не представляют трудностей, так как хорошо разработаны и широко применяются в промышленности [8]. Растворимость кислорода в уксусной кислоте достаточно высока [6]. Однако условия делигнификации древесного комплекса водными растворами уксусной кислоты в отсутствие кислорода довольно жестки, а при получении целлюлозы из хвойных пород древесины при использовании этого растворителя возникают значительные трудности [7], хотя уксусная кислота — хороший растворитель лигнина [9].

Нами [3] установлена принципиальная возможность делигнификации древесины кислородом в водных растворах уксусной кислоты. Выяснено, что скорость растворения компонентов древесины зависит от содержания воды в реакционной смеси. Кривая растворения лигнина имеет характерный максимум при концентрации уксусной кислоты в растворе 70...80 %\*, а количество переходящих в раствор углеводов с увеличением содержания воды в смеси постепенно растет. Скорость окисления лигнина кислородом в водном растворе уксусной кислоты в довольно большом диапазоне концентраций значительно выше скорости растворения углеводов.

Настоящая работа посвящена изучению влияния концентрации уксусной кислоты, а также гидромодуля процесса на свойства целлюлозы, получаемой делигнификацией еловой древесины кислородом в водном растворе уксусной кислоты.

Был проведен ряд опытов по обработке технологической щепы кислородом в растворах уксусной кислоты разной концентрации. Исходя из результатов предварительных опытов [3], исследования проводили в области концентраций, близких к оптимальной (75...85 %-я уксусная кислота) [3].

Условия проведения процесса (температура обработки — 150 °С, гидромодуль — 10, начальное давление кислорода — 1,5 МПа) в этой серии опытов были идентичными, продолжительность же варки зависела от глубины окисления, которую определяли по количеству поглощенного в ходе процесса кислорода, т. е. по уменьшению его парциального давления. Поэтому содержание лигнина в целлюлозе и выход конечных продуктов окисления (оксида и диоксида углерода, определяемых согласно [4]) почти не изменились (табл. 1).

Как видно из приведенных в табл. 1 данных, с увеличением содержания воды в варочном растворе от 15 до 25 % продолжительность

\* Здесь и далее дана объемная доля основных компонентов варочного раствора.

Таблица 1

Влияние концентрации уксусной кислоты на варку  
(150 °С) и свойства целлюлозы (~60 °ШР)

Основные параметры	Численные значения параметров для серии опытов		
	1	2	3
Условия обработки			
Объемное соотношение уксусная кислота : вода	85 : 15	80 : 20	75 : 25
Продолжительность, мин	216	210	174
Гидро модуль	10	10	10
Результаты обработки			
Расход кислорода, % а. с. д.	11,5 ± 0,5	10,1 ± 0,1	10,9 ± 0,1
Выход диоксида углерода, % а. с. д.	7,3 ± 0,7	7,3 ± 0,6	7,3 ± 0,1
» оксида углерода, % а. с. д.	0,20 ± 0,10	0,80 ± 0,02	0,86 ± 0,01
» целлюлозы, % а. с. д.	52,0 ± 1,0	51,4 ± 0,4	46,7 ± 0,1
» непровара, % а. с. д.	1,0 ± 0,3	1,2 ± 0,5	5,8 ± 0,6
Показатели целлюлозы			
Содержание лигнина, % а. с. д.	5,4 ± 0,5	5,4 ± 0,5	5,3 ± 0,2
» экстрактивных веществ (дихлор-метан), % а. с. д.	0,18	0,19	0,15
Показатели механической прочности целлюлозы			
Разрывная длина, м	8 470	9 000	10 400
Сопrotивление раздиранию, мН	380	370	440
» продавливанию, кПа	400	450	410
» излому, число двойных перегибов	857	1 160	926

Примечание. Обработку проводили в 1-литровом качающемся автоклаве (50 мин<sup>-1</sup>). Время выхода на изотермический режим (1 ч) включали в общую продолжительность процесса. Начальное давление кислорода — 1,48 МПа. В исходной древесине содержание экстрактивных веществ (спирт : бензол как 1 : 2) — 1,8 %, лигнина — 26,5 %.

делигнификации уменьшается. Выход целлюлозы также снижается, а количество непровара растет.

Механические показатели волокнистого материала — разрывная длина и сопротивление раздиранию — с ростом содержания воды в варочном растворе немного улучшаются, а такие показатели, как сопротивление продавливанию и сопротивление излому, имеют максимум при содержании воды в системе — 20 %.

Можно сделать вывод, что для получения целлюлозы наиболее целесообразно использовать в качестве варочного раствора 80 %-ую уксусную кислоту.

Рассмотренные результаты показали, что добавление воды в реакционную систему при делигнификации древесины кислородом в уксусной кислоте оказывает как положительное, так и отрицательное влияние. С одной стороны, скорость процесса с понижением концентрации уксусной кислоты в варочном растворе возрастает, о чем свидетельствует сокращение продолжительности процесса (табл. 1). С другой стороны, с ростом содержания воды в реакционной смеси увеличивается количество непровара, что, скорее всего, является следствием усиления нежелательных реакций конденсации лигнина. Это, очевидно, связано как с ухудшением растворимости кислорода (т. е. с уменьшением количества растворенного кислорода), так и с повышением роли гидролитических реакций.

Понижение температуры процесса (табл. 2), при прочих равных условиях, приводит к замедлению делигнификации, о чем свидетельствует снижение количества потребленного на варку кислорода и повышение выхода полуфабриката, содержащего значительно большее количество остаточного лигнина.

Таблица 2

## Влияние температуры и гидромодуля на варку в уксусной кислоте и свойства целлюлозы (~60 °ШР)

Основные параметры	Численные значения параметров для серии опытов		
	4	5	6
Условия обработки			
Объемное соотношение уксусная кислота : вода	80 : 20	80 : 20	80 : 20
Температура, °С	145	145	145
Гидромодуль	10	7	5
Результаты обработки			
Расход кислорода, % а. с. д.	8,94	9,20	12,99
Выход диоксида углерода, % а. с. д.	4,42	4,57	6,82
» оксида углерода, % а. с. д.	0,49	0,62	0,82
» целлюлозы, % а. с. д.	56,7	49,2	53,0
» непровара, % а. с. д.	4,5	4,7	3,8
Показатели целлюлозы			
Содержание лигнина, % а. с. д.	11,8	9,2	9,4
» экстрактивных веществ (дихлор-метан), % а. с. д.	1,18	0,48	0,98
Показатели механической прочности целлюлозы			
Разрывная длина, м	8 200	9 300	8 950
Соппротивление раздиранию, мН	380	340	290
» продавливанию, кПа	340	394	345
» излому, число двойных перегибов	2 720	320	145

Примечание. Варки проводили в 2-литровом качающемся автоклаве (50 мин<sup>-1</sup>). Время выхода на изотермический режим (1 ч) включали в общую продолжительность процесса. Содержание экстрактивных веществ (спирт : бензол) и лигнина в исходной древесине составляет соответственно 1,8 и 26,5 %.

Уменьшение относительного объема жидкой фазы значительно отражается на выходе волокнистого полуфабриката и содержании в нем лигнина, особенно при снижении гидромодуля от 10 до 7. Свойства получаемого волокнистого материала, за исключением показателя разрывной длины, с уменьшением объема варочного раствора ухудшаются, причем сопротивление излому весьма значительно.

При снижении гидромодуля процесса увеличивается количество потребленного на варку кислорода и выход диоксида углерода, что указывает на ускорение и углубление происходящих окислительных реакций. Очевидно, это связано с тем, что с уменьшением отношения объема жидкой фазы к массе древесного вещества концентрация кислот, образующихся при окислении компонентов древесины, повышается. Поэтому возрастает их каталитическое действие на реакции, приводящие к деградации лигноуглеводного комплекса.

Таким образом, исследование влияния концентрации уксусной кислоты и гидромодуля процесса на свойства целлюлозного полуфабриката, получаемого делигнификацией древесины ели кислородом в водном растворе уксусной кислоты, показало, что при температуре 145... 150 °С, гидромодуле 10, начальном давлении кислорода 1,5 МПа удастся получить целлюлозу с достаточно высоким выходом и удовлетворительными механическими показателями при концентрации уксусной кислоты 80 %.

Показатели механической прочности полученных целлюлоз, за исключением сопротивления продавливанию и сопротивления раздиранию, приближаются, а в некоторых случаях и превышают показатели сульфитных целлюлоз [5].

## ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Богомолов Б. Д., Грошев А. С. Делигнификация древесины органическими растворителями. (Обзор) // Химия древесины.— 1980.— № 3.— С. 3—16. [2]. Дейнеко И. П. Основные направления и координация работ в области химии древесины и целлюлозы до 2000 года // Тез. докл. Всесоюз. науч.-техн. конф.— Л., 1988.— Ч. 1.— С. 34—35. [3]. Дейнеко И. П., Костюкевич Н. Г. Кислородная варка древесины в уксусной кислоте. (Краткое сообщение) // Химия древесины.— 1989.— № 5.— С. 112. [4]. Дейнеко И. П., Никольский С. Н. О количественном определении расхода кислорода при кислородной варке // Химия древесины.— 1983.— № 1.— С. 54—57. [5]. Лендъел П., Морваи Ш. Химия и технология целлюлозного производства / Под ред. А. Ф. Тищенко. Пер. с нем.— М.: Лесн. пром-сть, 1978.— 544 с. [6]. Разумовский С. Д. Кислород—элементарные формы и свойства.— М.: Химия, 1979.— 304 с. [7]. Симхович Б. С., Зильбергейт М. А. Исследование процесса делигнификации древесины водными растворами уксусной кислоты // Химия древесины.— 1986.— № 3.— С. 34—42. [8]. Фролов Г. М., Шабуров М. А. Производство уксусной кислоты.— М.: Лесн. пром-сть, 1978.— 240 с. [9]. Schuerch C. Properties of liquids and their relation to the solubility swelling. Isolation and fraction of lignin // J. Amer. Chem. Soc.— 1952.— Vol. 74.— P. 5061—5067.

---

Поступила 17 июля 1989 г.

## ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

УДК 630\*6

ВЗАИМОЗАМЕЩАЕМОСТЬ РЕСУРСОВ  
ПРИ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА

Б. Н. ЖЕЛИБА

Белорусский технологический институт

В экономической литературе еще недостаточно раскрыт вопрос о взаимодействии отдельных сторон и факторов интенсификации производства. Так, задаваясь целью снизить прежде всего трудоемкость продукции и добиться улучшения использования трудовых ресурсов, нельзя не принимать в расчет, как это отразится на других параметрах — материалоемкости, фондоемкости. Если данные показатели ухудшатся, то в какой мере это допустимо. Такие вопросы встают тем более остро, что за последнее десятилетие отмечены негативные явления в нашей экономике, связанные именно со снижением фондоотдачи и ростом материалоемкости производства. Это относится и к лесному хозяйству. Поэтому рассмотрение интенсификации социалистического производства предполагает необходимость исследовать ее направления и формы.

Одна из первых попыток составить классификацию направлений и форм интенсификации была предпринята А. И. Ноткиным [4]. Варианты интенсивного развития экономики определяются в первую очередь их направлениями — ресурсоемким и ресурсоэкономным. В промышленности для ресурсоемкого направления характерно то, что экономия по одному фактору производства достигается за счет другого. К примеру, снижение трудоемкости обеспечивается ростом фондоемкости. Такое ресурсоемкое направление выступает в фондоемкой трудосберегающей форме. При ресурсоэкономном направлении, как правило, достигается экономия за счет всех факторов производства. Если в наибольшей степени достигается экономия живого труда без ухудшения использования сырья, материалов, основных фондов, то налицо трудосберегающая форма ресурсоэкономного направления [3]. В реальной действительности экстенсивный и интенсивный типы развития тесно переплетаются, они редко встречаются в чистом виде. Поэтому возник термин — преимущественно интенсивный тип расширенного воспроизводства, выражающийся в преобладании экономии затрат одних ресурсов над дополнительным расходом других. По мнению А. И. Ноткина, интенсивный тип расширенного воспроизводства, возникнув в недрах и при преобладании экстенсивного, проходит стадию преимущественно интенсивного развития, когда экономия одного ресурса достигается за счет дополнительного расхода другого при общем снижении затрат на единицу продукции, и стадию всесторонне интенсивного развития, которое осуществляется при экономии всех видов ресурсов. Тенденции взаимозамещаемости ресурсов подметил еще К. Маркс, который писал, что «масса и стоимость применяемых машин возрастает с развитием производительной силы труда, но не пропорционально росту самой производительной силы, т. е. не пропорционально увеличению количества продукта, доставляемого этими машинами» [1, с. 121]. Сказанное справедливо и для лесного хозяйства как отрасли материального производ-



Таблица 1

Лесхоз	Обеспеченность ресурсами			Выход продукции		Производительность труда рабочих		Фондовооруженность труда, тыс. р./чел.
	операционными средствами, р./га	основными производственными фондами, р./га	рабочей силой, чел./1 000 га	Сводный объем работ, р./га	Мобилизация собственных средств, р./га	по сводному объему работ, тыс. р./чел.	по мобилизации собственных средств, тыс. р./чел.	
Лиозненский	7,68	8,59	1,6	6,73	2,14	4,22	1,34	5,39
Ушачский	8,45	7,92	1,4	6,02	2,25	4,19	1,57	5,57
Глубокский	13,40	20,77	1,2	11,31	5,00	5,14	2,27	9,44
Кобринский	10,72	8,82	1,4	7,51	4,49	5,68	3,40	6,67

ства, отрасли специфической, производящей многообразие продукции и услуг. Для иллюстрации отмеченных положений обратимся к данным табл. 1. В ней отражена взаимозамещаемость ресурсов в лесохозяйственном производстве лесхозов БССР.

Глубокский и Кобринский лесхозы превосходят Лиозненский и Ушачский как по обеспеченности денежными (операционные средства), материальными (основные фонды) ресурсами, так и по выходу продукции и работ на единицу площади и производительности труда. Высокая производительность труда в Глубокском и Кобринском хозяйствах сопровождается и существенно большей его фондовооруженностью. Следовательно, в этих предприятиях в сравнении с Лиозненским и Ушачским лесхозами произошло большее замещение трудовых ресурсов материальными. Тем не менее, опережение в производительности труда у Глубокского и Кобринского лесхозов не адекватно уровню их фондовооруженности в сопоставлении с Лиозненским и Ушачским.

Некоторые экономисты считают всесторонне интенсивное развитие практически недостижимым [2]. Другие утверждают, что практический опыт экономического развития выявил возможность перехода к этому типу расширенного воспроизводства на базе ускоренного развития научно-технического прогресса [5]. Взаимодействие факторов в системе всесторонней интенсификации выражается в неординарных темпах экономии живого труда и действующих средств труда. Практика показывает, что в первую очередь достигается снижение трудо- и материалоемкости производства и лишь затем можно ожидать стабилизацию и повышение фондоотдачи. Как отражение этого процесса за последние годы в нашей экономике, включая лесное хозяйство, при неуклонном росте производительности труда материалоемкость продукции оставалась почти неизменной, а фондоотдача снижалась. Такая разнонаправленность динамики результативности производства присуща и отдельным предприятиям. В табл. 2 отражены абсолютные и относительные показатели производства и их изменения по трем лесхозам Брестского производственного лесохозяйственного объединения Минлесхоза БССР за последний пятилетний период. Показатель продукции определяли как совокупность результатов всех производств, входящих в лесхоз, — лесохозяйственного, лесопромышленного и подсобных. При этом сводный объем работ при суммировании результатов приводится к продукции, имеющей товарное выражение, через коэффициент, учитывающий различия в удельном весе живого и прошлого труда в ценах 1980 г. и ценах этой продукции [6]. По данным табл. 2 можно установить рост фондовооруженности, производительности труда и снижение фондоотдачи по всем предприятиям, т. е. разнонаправленность дина-

Т а б л и ц а 2

Показатели	Лесхозы		
	Барановичский	Ивацевичский	Пинский
Стоимость основных производственных фондов, тыс. р.	750	904	1 056
Изменение, тыс. р.	1 012	1 296	1 430
Число рабочих, чел.	+262	+392	+374
Изменение, чел.	231	390	186
Продукция, тыс. р.	191	250	186
Изменение, тыс. р.	—40	—140	—
Фондовооруженность труда, тыс. р./чел.	2 329	2 296	2 197
Изменение, %	2 455	2 814	2 799
Производительность труда, тыс. р./чел.	+126	+518	+602
Изменение, %	3,18	2,32	5,71
Фондоотдача, р./р.	5,30	5,18	7,69
Изменение, %	+66,7	+123,3	+34,7
Производительность труда, тыс. р./чел.	9,87	5,89	11,88
Изменение, %	12,85	11,26	15,05
Фондоотдача, р./р.	+30,2	+91,2	+26,7
Изменение, %	3,11	2,54	2,08
Изменение, %	2,43	2,17	1,96
	—21,9	—14,6	—5,8

Примечание. В числителе — данные на начало периода; в знаменателе — на конец периода.

мики относительных величин. Происходило замещение живого труда овеществленным. Но если в Пинском лесхозе фондоотдача снизилась на 5,8 % при росте производительности труда на 26,7 %, то в Барановичском при примерно таком же увеличении производительности труда (30,2 %) фондоотдача снизилась на 21,9 %. В какой мере допустимо снижение фондоотдачи (если такое происходит), т. е. экстенсивное использование средств труда за счет интенсификации живого труда, — вопрос далеко не праздный. К сожалению, снижение фондоотдачи приобрело устойчивый характер в большинстве наших отраслей материального производства, в том числе и в лесном хозяйстве. Динамика этого показателя при планировании и анализе производственной деятельности предприятий отошла к разряду второстепенных изменений. Если в настоящее время процесс снижения фондоотдачи при росте фондовооруженности труда и имеет объективные причины, то все же надо определить, насколько далеко он может заходить без относительного ущерба общим положительным результатам. В лесохозяйственном производстве нет жестких причинно-следственных связей между затратами и конечными результатами. Например, по выполненному объему работ в ценах 1980 г. можно судить о напряженности хозяйственного воздействия на лесную среду, основные результаты которого материализуются в будущем. Сопоставлять же напрямую лесной доход с ежегодными затратами нецелесообразно, ввиду присутствия фактора времени. На фоне повышающейся продуктивности лесов для общества в то же время далеко небезразлично, какой ценой оно достигнуто. Между тем, установить эту цену по названным причинам весьма сложно. Неопределенность в степени эффективности использования ресурсов может породить необоснованные затраты. На наш взгляд, расценивание уровня интенсивности лесного хозяйства лишь по концентрации

вложенных средств характеризует типично затратный подход к его интенсификации. Поэтому установить предельно допустимый уровень фондоотдачи как своего рода границу, за которой дальнейшее вложение средств приобретает экстенсивный характер, значит сделать шаг в сторону выработки элементов противозатратного механизма.

Обратимся к данным табл. 2 по Барановичскому и Пинскому лесхозам (Ивацевичский лесхоз по своим показателям занимает промежуточное положение). Общий прирост продукции в Барановичском хозяйстве составил 126 тыс. р. Увеличение продукции за счет роста производительности труда равно  $(12,85 - 9,87) \cdot 191 = 569,2$  тыс. р. Росту производительности труда в 30,2 % соответствует прирост продукции 569,2 тыс. р. Определим так называемую цену 1 % этого прироста:  $569,2 : 30,2 = 18,8$  тыс. р. В случае, если бы фондоотдача не снижалась, т. е. оставалась на одном уровне, то при стоимости основных фондов 1 012 тыс. р. продукция составила бы 3 147,3 тыс. р.  $(3,11 \cdot 1 012)$ , или больше на 692,3 тыс. р.  $(3 147,3 - 2 455,0)$ . Тогда цена 1 % снижения фондоотдачи  $692,3 : 21,9 = 31,6$  тыс. р. Установим коэффициент пересчета:  $31,6 : 18,8 = 1,68$ , т. е. 1 % снижения фондоотдачи эквивалентен (или компенсируется) 1,68 % роста производительности труда. Отсюда реальное изменение производительности труда по Барановичскому лесхозу равно  $30,2 - 21,9 \cdot 1,68 = -6,6$  %. Это означает, что весь прирост производительности труда сведен на нет снижением фондоотдачи. Требуется установить, какое же предельно низкое значение фондоотдачи может иметь Барановичский лесхоз при заданном уровне фондovoоруженности, чтобы изменение производительности труда при рассмотренном пересчете было положительным. Определим из уравнения предельно высокий коэффициент пересчета:  $30,2 - 21,9x_1 = 0$ ;  $x_1 = 1,38$ . Тогда предельная цена 1 % снижения фондоотдачи:  $x_2 : 18,8 = 1,38$ ;  $x_2 = 25,9$  тыс. р. При такой цене 1 % и имеющемся проценте снижения фондоотдачи предельно допустимая потеря продукции от данного снижения составит  $25,9 \cdot 21,9 = 478,0$  тыс. р. Предельно низкий уровень фондоотдачи установим следующим образом:  $3 147,3 - 478 = 2 669,3$  тыс. р.;  $2 669,3 : 1 012 = 2,64$  р./р. Барановичский лесхоз на конец рассматриваемого 5-летнего периода имел фондоотдачу 2,43 р./р., что существенно ниже предельно допустимой.

Проведем аналогичные расчеты для Пинского лесхоза. Увеличение продукции за счет роста производительности труда:  $(15,05 - 11,88) \cdot 186 = 590$  тыс. р. Потеря продукции за счет снижения фондоотдачи:  $2,08 \cdot 1 430 - 2 799 = 175,4$  тыс. р. Цена 1 % роста производительности труда:  $590 : 26,7 = 22,1$  тыс. р.; то же снижения фондоотдачи:  $175,4 : 5,8 = 30,2$ . Коэффициент пересчета:  $30,2 : 22,1 = 1,37$ . Реальное изменение производительности труда:  $26,7 - 5,8 \cdot 1,37 = 18,8$  %. И далее:  $26,7 - 5,8x_1 = 0$ ;  $x_1 = 4,6$ ;  $x_2 : 22,2 = 4,6$ ;  $x_2 = 101,2$ . Допустимая потеря продукции за счет снижения фондоотдачи:  $101,2 \cdot 5,8 = 575,7$  тыс. р. Предельно низкое значение фондоотдачи:  $2,08 \cdot 1 430 - 575,7 = 2 398,7$  тыс. р.;  $2 398,7 : 1 430 = 1,68$  р./р. Фактическая фондоотдача в лесхозе составила 1,96 р./р. Таким образом, если бы предприятие допустило снижение фондоотдачи до 1,68 р./р., то весь эффект роста производительности труда был бы «съеден» снижением этого показателя, т. е. интенсификация использования живого труда нейтрализовалась бы в негативном смысле экстенсивным применением труда, овеществленного в основных фондах. Формализуем приведенные расчеты.

Исходные данные:

$ВП_{1,2}$  — выпуск продукции соответственно на начало и конец анализируемого периода;

$\Phi_{1,2}$  — стоимость основных производственных фондов на начало и конец периода;

- $P_{1,2}$  — число рабочих на начало и конец периода;  
 $ПТ_{1,2}$  — производительность труда на начало и конец периода;  
 $\Phi_{0,1,2}$  — фондоотдача на начало и конец периода;  
 $+ \Delta ВП$  — прирост выпуска продукции;  
 $+ \Delta ПТ$  — прирост производительности труда;  
 $- \Delta \Phi_0$  — снижение фондоотдачи.

Определяем:

- 1) увеличение продукции за счет роста производительности труда

$$+ \Delta ВП_{ПТ} = (ПТ_2 - ПТ_1) P_2^* ;$$

- 2) потерю продукции за счет снижения фондоотдачи

$$- \Delta ВП_{\Phi_0} = \Phi_{01} \Phi_2 - ВП_2 ;$$

- 3) цену 1 % прироста производительности труда

$$Ц_{ПТ} = \frac{+ \Delta ВП_{ПТ}}{+ \Delta ПТ} ;$$

- 4) цену 1 % снижения фондоотдачи

$$Ц_{\Phi_0} = \frac{- \Delta ВП_{\Phi_0}}{- \Delta \Phi_0} ;$$

- 5) коэффициент пересчета

$$K_n = Ц_{\Phi_0} : Ц_{ПТ} ;$$

- 6) реальное изменение производительности труда

$$\pm \Delta ПТ^p = + \Delta ПТ - (- \Delta \Phi_0 K_n) ;$$

- 7) предельный коэффициент пересчета

$$K_n^n = \frac{+ \Delta ПТ}{- \Delta \Phi_0} ;$$

- 8) предельную цену 1 % снижения фондоотдачи

$$Ц_{\Phi_0}^n = K_n^n Ц_{ПТ} ;$$

- 9) предельно допустимую потерю продукции за счет снижения фондоотдачи

$$- \Delta ВП_{\Phi_0}^n = Ц_{\Phi_0}^n - \Delta \Phi_0 ;$$

- 10) предельную фондоотдачу

$$\Phi_0^n = \frac{\Phi_{01} \Phi_2 - (- \Delta ВП_{\Phi_0}^n)}{\Phi_2} .$$

В заключение отметим, что изменение результативности использования производственных ресурсов в лесном хозяйстве — вопрос очень важный. В лесном хозяйстве, помимо традиционных, имеются денежные и биологические ресурсы. В числе последних земельные площади, древесный запас на корню, сырьевая база побочных пользователей. От их соотношений, динамики отдачи зависит, в какой мере выражены интенсивные факторы в развитии производства и где граница перехода от экстенсивного типа воспроизводства к интенсивному.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Маркс К. Капитал // Маркс К., Энгельс Ф. — Соч. — 2-е изд. — Т. 25, ч. 1. — С. 1—505. [2]. Баранов А. А. Интенсификация: экономический и социальный ас-

\* При большем числе рабочих на конец периода  $P_2 > P_1$  принимать  $P_1$ .

пект.—М.: Экономика, 1983.—255 с. [3]. Засухин А. Т. Интенсификация производства.—М.: Экономика, 1973.—183 с. [4]. Хоткин А. И. Темпы и пропорции социалистического воспроизводства.—М.: Экономиздат, 1961.—248 с. [5]. Системный подход при оценке экономической эффективности общественного производства / И. Г. Шилин, В. П. Евстигнеев, Б. А. Боровских и др.—М.: Наука, 1980.—191 с. [6]. Янушко А. Д., Желиба Б. Н. Показатели интенсивности лесного хозяйства // Лесн. хоз. во. 1984. № 9. С. 20—24.

Поступила 24 апреля 1989 г.

УДК 658.58.003.1

## КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОГО УЩЕРБА ОТ ПРОСТОЕВ ТЕХНИКИ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ЛЕСНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

*Н. В. МУРАШКИН*

Ленинградская лесотехническая академия

Внедрение в производство новой лесозаготовительной техники в условиях полного хозяйственного расчета обуславливает необходимость дальнейшего совершенствования комплексной оценки ее эффективности. Повышение социально-экономической эффективности новой техники является неотъемлемой частью интенсификации лесозаготовительного производства, так как с позиций народного хозяйства комплексный интегральный экономический и социальный эффект может быть реализован в полной мере лишь после того, как новая техника поступила в сферу ее потребления. Сфера потребления новой техники является конечной стадией, на которой выявляются конструктивные и технологические недостатки и дефекты изготовления и другие упущения проектировщиков (разработчиков) и изготовителей, а также потребителей. Здесь всесторонне раскрываются эксплуатационные свойства и качество новой техники; взвешиваются прогрессивность организации производства и дисциплины труда, уровень квалификационной подготовленности исполнителей и ремонтных рабочих, соответствие возможностей ремонтной базы и своевременность профилактического обслуживания; выявляется ее эффективность и установленный уровень цен. Вот почему система управления экономической и социальной эффективностью новой техники (НТП) должна ориентироваться на результаты, получаемые в сфере ее использования за весь период наработки ресурса.

Анализ фактической эксплуатации лесозаготовительной техники за период наработки гарантированного ресурса показывает, что экономическая эффективность ее применения резко снижается из-за простоев во время технического обслуживания и устранения технических отказов, а также необоснованного уровня цен.

На предприятиях-потребителях лесозаготовительной техники общий экономический ущерб складывается из двух составляющих: ущерб при устранении нормативного количества отказов и проводимых технических видов обслуживания механизмов за период наработки гарантированного ресурса; ущерб при устранении сверхнормативных отказов в период наработки техникой гарантированного ресурса. Последний, в свою очередь, обуславливается ущербом от непосредственного устранения этих отказов и от невыполнения определенного объема работ за время простоя техники в сверхнормативных отказах.

Методика расчета составляющих экономического ущерба приведена на схеме.

Принятые обозначения:

$\Sigma У$  — общая сумма ущерба на списочный механизм, р.;

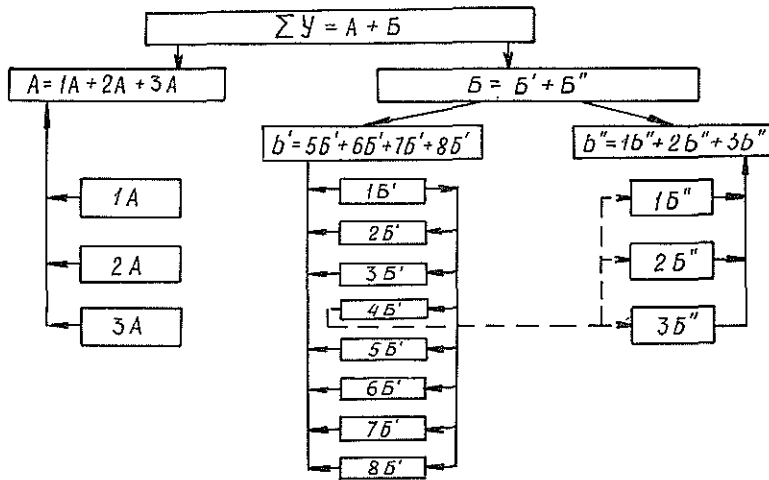


Схема определения экономического ущерба от простоев техники при техническом обслуживании и ремонтах (устранении отказов)

$A$  — ущерб при устранении нормативного количества отказов и проводимых видов техобслуживания в период наработки техникой гарантированного ресурса, р.,

$$A = 1A + 2A + 3A;$$

$1A$  — капиталовложения на приобретение резервных механизмов, призванных компенсировать время простоя отказавшего механизма, р.,

$$\Delta K_i^1 = \Sigma \varphi K_i^1;$$

$2A$  — то же на приобретение запасных частей к резервной технике, р.;

$$\Delta K_i^2 = \Sigma \varphi \bar{K}_i^2;$$

$3A$  — убытки от недоиспользования резервной техники. Методически определяются как ущерб от устранения сверхнормативных отказов в период наработки техникой ресурса, р.;

$B$  — ущерб от устранения сверхнормативных отказов в период наработки техникой гарантированного ресурса, р.,

$$B = B' + B'';$$

$B'$  — ущерб от непосредственного устранения отказов, р.,

$$B' = 5B' + 6B' + 7B' + 8B';$$

$1B'$  — количество сверхнормативных отказов,

$$\Delta N_i = \Sigma (N_{\phi i} - N_{н i});$$

$2B'$  — время простоев при устранении сверхнормативных отказов, ч.,

$$\Delta t_i = \Sigma \Delta N_i \bar{t}_{\phi i};$$

$3B'$  — трудоемкость устранения сверхнормативных отказов чел.-ч.,

$$\Delta t_{pi} = \Sigma \Delta N_i \bar{t}_{p\phi i};$$

4Б' — невыполнение объема работ за время простоя в сверхнормативных отказах, м<sup>3</sup>,

$$\Delta W_i = \Sigma (W_{нi} - W_{\phi i});$$

5Б' — ущерб в виде капитальных вложений в запасные части для ликвидации сверхнормативного числа отказов, р.,

$$\Delta K_i^3 = \Sigma \Delta N_i \bar{K}_i^3;$$

6Б' — заработная плата рабочих вспомогательно-обслуживающих производств с отчислениями на социальное страхование, р.,

$$\Delta Z_i = \Sigma \Delta N_i \bar{Z}_i;$$

7Б' — услуги РММ (без зарплаты ремонтных рабочих и израсходованных запасных частей), р.,

$$\Delta И_i = \Sigma \Delta N_i \bar{И}_i;$$

8Б' — прочие неучтенные расходы, р.,

$$\Delta P_{нi} = \Sigma \Delta N_i \bar{P}_{нi};$$

Б'' — ущерб от невыполнения объема работ за время простоя техники в сверхнормативных отказах, р.,

$$B'' = 1B'' + 2B'' + 3B'';$$

1Б'' — уменьшение прибыли на предприятии, р.,

$$\Delta \Pi_i = \Sigma \frac{(Z - C) \Delta W_i Z_M}{Z_p};$$

2Б'' — амортизация механизма за период простоя, р.,

$$\Delta A_i = \Sigma \left( \frac{K_i^T}{W_{\phi i}} - \frac{K_i^T}{W_{нi}} \right) \Delta W_i;$$

3Б'' — условно-постоянные расходы предприятия (цеховые и общелеспромхозовские) за период простоя техники из-за сверхнормативных отказов, р.,

$$\Delta Y_{нi} = \Sigma \frac{Y_{нi} \Delta W_i Z_M}{Z_p},$$

где  $\varphi$  — коэффициент, учитывающий нормативное количество резервных (излишних) механизмов на один отказавший в работе механизм. Применительно к трелевочным тракторам он равен 0,25. Это означает, что на четыре трактора, работающих в течение рабочей смены, по нормативу требуется один резервный трактор, который компенсирует время простоя первых тракторов по техническим причинам;

$K_i^T$  — балансовая стоимость механизма, р.;

$\bar{K}_i^3$  — балансовая стоимость нормативного количества запасных частей, необходимых для поддержания механизма в работоспособном состоянии до полной выработки гарантированного ресурса, р.;

$N_{\phi i}, N_{нi}$  — соответственно фактическое и нормативное (по ГОСТ) количество отказов по годам наработки ресурса механизмов (за период наработки ресурса);

- $\bar{t}_{\Phi i}$  — среднее фактическое время устранения одного отказа, ч;  
 $t_{p\Phi i}$  — средняя фактическая трудоемкость устранения одного отказа, чел.-ч;  
 $W_{\Phi i}, W_{\Phi i}$  — объем работ (продукции) на один механизм соответственно при нормативном и фактическом количестве отказов за наработку им ресурса, м<sup>3</sup> или другие единицы;  
 $\bar{Э}_i$  — средний фактический уровень основной и дополнительной заработной платы рабочих вспомогательно-обслуживающих производств с отчислениями на социальное страхование, приходящийся на устранение одного отказа за период наработки ресурса механизмом, р.;  
 $\bar{И}_i$  — средний размер услуг РММ (без учета зарплаты ремонтных рабочих и запасных частей) на устранение одного отказа за период наработки ресурса механизмом, р.;  
 $\bar{P}_{\Phi i}$  — средний размер прочих неучтенных выше производственных затрат на устранение одного отказа за период наработки ресурса механизмом, р.;  
 $Z$  — средняя цена единицы продукции на предприятии, в выпуске которой участвовал механизм (средняя цена 1 м<sup>3</sup> древесины), р.;  
 $C$  — средняя полная себестоимость единицы продукции на предприятии, в выпуске которой участвовал механизм (средняя себестоимость выпуска и реализации 1 м<sup>3</sup> древесины), р.;  
 $З_p$  — средний уровень основной и дополнительной (основной) заработной платы производственных рабочих в полной себестоимости единицы продукции, в выпуске которой участвовал механизм (в полной себестоимости 1 м<sup>3</sup> древесины), р.;  
 $З_m$  — то же на единицу работ (продукции) на технологической операции производственного процесса, выполняемой данным механизмом (на 1 м<sup>3</sup> стрелеванной древесины или другую единицу), р.;  
 $У_{\Phi i}$  — средний размер цеховых и общелеспромхозовских расходов в полной себестоимости единицы продукции, в выпуске которой участвовал механизм (в себестоимости 1 м<sup>3</sup> древесины), р.

При этом надлежит исходить из того, что организация эксплуатации и затраты на содержание резервного механизма за выработку им ресурса аналогичны затратам работающего с ним механизма.

Суммарное значение ущерба от использования тракторов ПО «Онежский тракторный завод» в предприятиях лесной промышленности за пятилетний период (амортизационный период) при выработке ресурса 5 000 мото-ч характеризуется данными таблицы.

Данные таблицы показывают, что за пятилетний период эксплуатации трактора общая сумма ущерба, ввиду его простоев по техническим причинам, для трактора ТДТ-55А равна 10 961 р., для ТБ-1 — 13 011 р., что составляет по отношению к их оптовой цене соответственно 146,6 и 96,5 %. Аналогично можно определить ущерб от простоя техники по другим причинам: организации производства и труда, климатическим, прогулам исполнителей, организации материально-технического снабжения и т. п.



Составляющие ущерба	Сумма ущерба от использования трактора за 5 лет			
	ТДТ-55А		ТБ-1	
	р.	%	р.	%
От устранения сверхнормативных отказов трактора в период наработки ресурса (Б')	6 612	60,3	6 394	49,2
От невыполнения объема работ за время простоя в сверхнормативных отказах трактора (Б'')	1 698	15,5	940	7,2
От устранения нормативного количества отказов и проводимых плановых видов технического обслуживания в период наработки ресурса трактором (А)	2 651	24,2	5 677	43,6
Итого	10 961	100	13 011	100

В тех случаях, когда организация производства осуществляется без резервных машин и оборудования, комплексную оценку экономического ущерба от простоев техники в период технического обслуживания и ликвидации отказов надлежит исчислять по составляющим *Б* с учетом: выплат основной и дополнительной заработной платы производственным рабочим и отчислений на социальное страхование за период их простоя в соответствии с действующими положениями трудового законодательства.

Выявленную величину экономического ущерба надлежит учитывать при комплексной оценке эффективности производства и применения техники и установлении на нее оптовой цены по нормативно-параметрическому методу.

Поступила 29 июня 1989 г.

УДК 658.27 : 658.3.003.13

## НОВЫЕ ДАННЫЕ О ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМОСТИ ТРУДА И ОСНОВНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ФОНДОВ

А. В. ПЛАСТИНИН, Ю. Ф. ВОРОНЦОВ

Архангельский лесотехнический институт

Повышение экономической эффективности производства и его интенсификация являются ключевыми проблемами перестройки, радикальной экономической реформы. Вместе с тем, в экономической науке и практике до сих пор остаются во многом не решенными такие вопросы, как обобщающая оценка уровня и динамики эффективности производства, экономическая оценка степени интенсификации производства на всех уровнях народного хозяйства. Экономическую эффективность производства на уровне предприятий измеряют через ряд показателей, большинство из которых является частными, отражает эффективность использования или живого труда (например производительность труда, рассчитанная по товарной продукции), или производственных фондов (например фондоотдача). Это обстоятельство обусловлено рядом причин; одна из основных заключается в том, что до сих пор не решена в практическом плане проблема измерения совокупных ресурсов живого и овеществленного труда (производственных фондов).

По нашему мнению, наиболее перспективным направлением решения проблемы совокупной оценки труда и производственных фондов, участвующих в производстве, является приведение их к сопоставимому

виду на основе показателей (коэффициентов) взаимозаменяемости. Теоретической предпосылкой этого метода является работа К. Маркса, в которой он использовал идею о взаимозаменяемости живого труда и производственных фондов для расчета совокупной производительной силы в Англии в XVII—XIX вв. [1, с. 125]. Подобный подход начинает использоваться в современной практике социалистического народнохозяйственного планирования [5], практической деятельности отраслей и предприятий [3, 4, 6].

Основная идея метода состоит в том, что производственные фонды ( $F$ ) и живой труд ( $N$ ) рассматриваются как взаимозаменяемые факторы, с точки зрения влияния на прирост объема продукции. В самом общем виде связь между указанными факторами и объемом производства продукции ( $Q$ ) может быть выражена производственной функцией вида

$$Q = f(F, N). \quad (1)$$

После преобразований может быть получено упрощенное уравнение регрессии

$$ПТ = f(B), \quad (2)$$

где  $ПТ$ ,  $B$  — производительность и фондовооруженность труда.

Доминирующей тенденцией и основной теоретической предпосылкой метода является тот факт, что рост фондовооруженности должен приводить к росту производительности труда, что в свою очередь, позволяет высвобождать работников. Таким образом, с одной стороны, прирост основных фондов высвобождает определенное число работников ( $\alpha$ ), с другой, одному работнику соответствует определенное количество основных фондов ( $\beta$ ). Для нахождения коэффициентов  $\alpha$  и  $\beta$  рассчитывают параметры уравнения регрессии (2) на основе данных предприятий или отрасли. Коэффициент взаимозаменяемости  $\beta$  (показывает величину основных фондов в тысячах рублей, «заменяющих» одного работника) вычисляют делением среднего уровня производительности труда ( $\overline{ПТ}$ ) на коэффициент регрессии ( $b$ ) производственной функции линейного вида, т. е.:

$$ПТ = a + bB; \quad (3)$$

$$\beta = \frac{\overline{ПТ}}{b}.$$

В литературе рассмотрены также иные методы расчета коэффициентов заменяемости [2, 5], однако описанный метод, на наш взгляд, неплохо сочетает в себе простоту расчетов с высокой достоверностью получаемых результатов.

Ранее нами на основе этого метода были получены данные о коэффициенте взаимозаменяемости основных производственных фондов и живого труда в гидролизной промышленности [4]. По нашим расчетам, значение коэффициента  $\beta$  равно 28,6 тыс. р./чел., т. е. эффект от трудового вклада одного работника соответствовал примерно эффекту от использования основных производственных фондов на сумму 28,6 тыс. р.

Одновременно данный показатель позволяет оценивать альтернативные источники экономического роста. Так, в нашем случае эквивалентный прирост продукции обеспечивается при увеличении численности работающих на одного человека или приросте стоимости основных производственных фондов на 28,6 тыс. р. На основании подобной информации можно сделать вывод о сравнительной эффективности ресурсов, с точки зрения влияния их на результат производства.

Но самое замечательное свойство коэффициентов взаимозаменяемости, на наш взгляд, заключается в том, что они позволяют привести такие разные по экономическому содержанию ресурсы, как живой труд и основные производственные фонды, к сопоставимому виду. Так, суммарный объем ресурсов можно выразить через условную численность работников:

$$P_N = F/\beta + N = F\alpha + N = N_y + N, \quad (4)$$

где  $P_N$  — суммарный объем ресурсов, выраженный в численности условных работников;

$F$  — основные производственные фонды;

$\beta$  — коэффициент взаимозаменяемости одного работника фондами;

$\alpha$  — коэффициент взаимозаменяемости основных фондов работниками;

$N_y$  — основные фонды, приведенные к условной численности работников.

С другой стороны, численность работающих можно привести к условной стоимости фондов:

$$P_F = F + N\beta = F + \frac{N}{\alpha} = F + F_N, \quad (5)$$

где  $P_F$ ,  $F_N$  — суммарные ресурсы живого труда и фондов и численность работников, выраженные в условной величине основных фондов.

С точки зрения приведения выражения (4) и (5) правомерны; абсолютные выражения величин  $P_N$  и  $P_F$  различны, но динамика приведенных ресурсов, конечно, одинакова. Мы в своих расчетах по ряду соображений использовали выражение (4), приводя суммарный объем ресурсов к условной численности работников [3, 4].

Результаты исследований показывают [5, 6], что численные значения коэффициентов взаимозаменяемости по разным отраслям народного хозяйства варьируют в довольно широких пределах. В первую очередь, это объективно обусловлено различным техническим уровнем отраслей. Вместе с тем, оказывают свое воздействие и субъективные причины. Например, объем производства продукции даже в условиях роста фондовооруженности может снижаться из-за ухудшения условий снабжения сырьем. Немаловажное значение имеет и выбор интервалов рядов динамики показателей. Все вместе это обуславливает необхо-

Отрасль промышленности	Предприятие	Временной интервал	Коэффициент взаимозаменяемости, тыс. р./чел.
Подсочка	Шенкурский химлесхоз	1982—1986	2,3*
Лесопильная и деревообрабатывающая	ПО Северолесозэкспорт	1981—1985	10,6
Гидролизная	Все предприятия отрасли	1975—1978	28,3
	Архангельский гидролизный завод	1975—1978	29,7
Целлюлозно-бумажная	Котласский ЦБК	1980—1985	44,3
	Соломбальский »	1980—1985	60,4
	Архангельский »	1980—1985	170,2

\* Расчет сделан А. Г. Распутным по методике [4].

димось проведения тщательного качественного анализа исходных данных для расчета коэффициентов взаимозаменяемости с целью повышения их репрезентативности. В таблице приведен ряд значений коэффициентов взаимозаменяемости, рассчитанных нами в отраслях лесного комплекса.

Анализ таблицы позволяет сделать вывод о том, что чем выше технический уровень производства и фондовооруженность, тем больше основных фондов требуется для высвобождения одного работника (в последовательности подсоска — лесопиление — гидролизная — целлюлозно-бумажная промышленность). В гидролизной промышленности данные по Архангельскому и другим заводам довольно близко совпадают с данными по всей отрасли. В отношении других отраслей пока невозможно сделать достаточно надежных обобщений. Так, в целлюлозно-бумажной промышленности даже в одном и том же временном интервале значения коэффициента взаимозаменяемости значительно различаются для трех близких по фондовооруженности комбинатов; здесь явно необходимо продолжить исследования, накапливать новые данные.

Вместе с тем, уже приведенные данные позволяют реализовать новые подходы. По этим данным мы уже оценивали уровень интенсификации в гидролизной промышленности [3]; в следующих публикациях надеемся показать результаты оценки степени интенсификации производства на других предприятиях лесного комплекса.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Маркс К. Нищета философии. Ответ на «Философию нищеты» г-на Прудона // Маркс К., Энгельс Ф.— Соч., 2-е изд.— Т. 4.— С. 65—185. [2]. Ерина А. М. Математико-статистические методы изучения экономической эффективности производства.— М.: Финансы и статистика.— 1983.— 192 с. [3]. Пластинин А. В. Об измерении уровня интенсификации производства на предприятии и в отрасли // Гидролизная и лесохимическая промышленность.— 1988.— № 5.— С. 23—25. [4]. Пластинин А. В., Михайлов К. Л. Расчет обобщающего показателя эффективности производства на предприятии // Гидролизная и лесохимическая промышленность.— 1985.— № 4.— С. 26—28. [5]. Стрижнова Л. А. Методы расчета показателя взаимозаменяемости затрат труда и основных производственных фондов // Изв. АН СССР. Сер. экономическая.— 1981.— № 3.— С. 18—31. [6]. Строев Е. Вновь «окрестьянить» крестьянина // Коммунист.— 1988.— № 17.— С. 19.

Поступила 10 июля 1989 г.

УДК 630\*96 : 630\*18

### ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ УСИЛЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ ХОЗЯЙСТВЕННОГО МЕХАНИЗМА

И. М. СИНЯКЕВИЧ

Львовский лесотехнический институт

В экономике, развивавшейся по экстенсивному пути, не удалось переломить негативные тенденции в природопользовании, несмотря на ряд принятых правительственных постановлений. Продолжается загрязнение воздушного и водного бассейнов, нерационально используются полезные ископаемые и лесные ресурсы, ускоряется деградация почв и растительности. В 102 городах Советского Союза концентрация отдельных вредных соединений превышает предельные уровни в 10 раз [2]. Отдельные лесозаготовительные предприятия в многолесных районах оставляют на корню до 30 % лесосечного фонда. В стране не используется около 40 млн м<sup>3</sup> древесных отходов.

Главным сдерживающим фактором в развитии рационального природопользования является хозяйственный механизм, который ориентирует экономику на иррациональное пользование окружающей средой. Он нацелен главным образом на наращивание объемов производства и по существу индифферентен по отношению к сохранению и приумножению экологического потенциала. Выполненные нами исследования позволяют сделать заключение, что коренные сдвиги в природопользовании могут произойти при условии создания развитой системы экономических отношений, которая стимулировала бы сохранение и приумножение природных ресурсов и элементов окружающей среды в такой же мере, как и производство материальных благ индустриальным путем [5]. Эта система выражается нами посредством новой экономической категории — экологичность природопользования. Она представляет собой теоретические абстракции производственных отношений, которые регламентируют производственно-хозяйственную деятельность социалистических предприятий и организаций в области эксплуатации природных ресурсов и охраны окружающей среды, и направлена на наращивание устойчивого во времени и пространстве положительного экологического эффекта. Модель таких экономических отношений представляется нам в следующем виде. Прежде всего необходимо усилить экологическую направленность традиционных экономических категорий (себестоимости, цены, прибыли, платы за природные ресурсы и др.) и создать эффективные организационные структуры управления окружающей средой. В рамках нового хозяйственного механизма, который формируется в процессе перестройки политической системы и экономики, необходимо создать действенный вневедомственный мониторинг за окружающей средой (под контролем местных Советов, органов Госкомприроды СССР и общественности страны) с публикацией результатов наблюдений в периодической печати.

Необходимо ускорить введение платы за все виды природных ресурсов и загрязнений окружающей среды в соответствии с постановлением ЦК КПСС и СМ СССР (1988) [1]. При этом вводить ее следует одновременно, а не поэтапно, растягивая решение проблемы на долгие годы, тем самым создавая дополнительные трудности на пути решения других экономических вопросов (совершенствования калькулирования себестоимости продукции, обоснования уровня цен и др.).

Плата за природные ресурсы и загрязнение окружающей среды рассматривается нами в качестве экологических издержек производства [5]. Она должна отражать в себестоимости продукции общественно необходимые затраты труда на воспроизводство природных ресурсов и окружающей среды. Экологические издержки социалистических предприятий мы рассматриваем как совокупность живого и овеществленного труда, расходуемого на воспроизводство и рациональное использование природных ресурсов, предотвращение и ликвидацию загрязнения, поддержание в нормальном состоянии и улучшение качества окружающей среды, а также будущего труда, который потребуются для устранения экономических, экологических и социальных отрицательных последствий, вызванных текущим загрязнением окружающей среды и нерациональным использованием природных ресурсов. В составе экологических издержек особое место занимают общественно необходимые, т. е. неизбежные при современном уровне развития техники и технологии. Такие экологические издержки рекомендуется включать в себестоимость продукции, а следовательно, и в базу цены. Остальные экологические издержки (сверхнормативные) мы рассматриваем как результат бесхозяйственного пользования природными ресурсами и окружающей средой. Следовательно, их следует исключать из базы цены и соответственно уменьшать хозрасчетные доходы предприятий-производи-

телей продукции. Тем самым иррациональная по отношению к природе производственно-хозяйственная деятельность предприятий-производителей продукции не будет вызывать рост себестоимости продукции предприятий-потребителей и розничных цен. Кроме того, такая деятельность предприятий должна наказываться действенными экономическими санкциями.

Для усиления экологической направленности цены предлагается дифференцировать прибавочный продукт в зависимости от уровня экологичности продукции и производства. Предприятия, выпускающие экологически вредную продукцию и отрицательно воздействующие на окружающую среду, должны иметь меньший хозрасчетный доход. В то же время целесообразно устанавливать надбавки к цене за выпуск экологически безвредной продукции (при условии, что производство такой продукции связано с дополнительными затратами общественного труда).

Имеет смысл ввести аттестацию предприятий и выпускаемой ими продукции на соответствие экологическим требованиям. В состав государственной аттестационной комиссии рекомендуется включать представителей местных Советов, Госкомприроды СССР, ведущих специалистов и ученых страны по вопросам природопользования. Комиссия должна обладать такими правами: останавливать работу предприятий, производство которых представляет серьезную угрозу для здоровья населения и окружающей среде; определять сроки реализации мер, направленных на улучшение экологической обстановки; присваивать продукции Государственный знак экологичности (изделиям, использование которых на производстве и в быту, в качестве продуктов питания и для других целей не имеет отрицательных последствий для здоровья людей и окружающей среды).

Экологические издержки производства (плату за природные ресурсы и загрязнение окружающей среды) рекомендуется перечислять местным Советам и использовать целевым назначением для финансирования мероприятий по восстановлению окружающей среды. Кроме того, они должны идти на выплату компенсаций населению (за ущерб здоровью), предприятиям и организациям (за экономический ущерб — снижение продуктивности сельскохозяйственных угодий и скота, преждевременный износ производственных фондов и др.). Часть экологических издержек целесообразно перечислять Госкомприроде СССР для реализации масштабных программ по восстановлению окружающей среды и ее ресурсов.

Следует усилить экологическую направленность системы планирования. В лесном хозяйстве и лесной промышленности необходимо подходить дифференцированно к планированию лесопользования (все компоненты предлагается разделять на потенциальные, экологически доступные, мобильные, экономически доступные, организованно используемые) [6]. В промышленную переработку рекомендуется вовлекать только экологически доступные лесные ресурсы. В практике планирования необходимо повысить роль и значение показателей, комплексно характеризующих состояние использования лесных ресурсов [4, 5, 7]. Планирование фондов экономического стимулирования следует тесно увязывать с этим состоянием [3].

Для коренного улучшения состояния лесопользования необходимо ускорить перевод лесного хозяйства на хозяйственный расчет. Он должен базироваться на платности пользования всеми компонентами лесных ресурсов (растительностью, лесной охотничьей фауной, полезными функциями лесов — рекреационными, защитными и др.) и государственных стандартах на состояние лесов. При этом стимулирующие функции экономических категорий в лесном хозяйстве должны быть на-

правлены на конечные результаты — высокую комплексную продуктивность лесных насаждений, а не наращивание объемов работ в лесохозяйственном производстве. К сожалению, модели хозяйственного расчета, которые применяются в отдельных социалистических странах и разрабатываются экономистами нашей страны, стимулируют главным образом наращивание объемов работ. Они являются затратными и ориентируют лесное хозяйство на экстенсивный путь развития. Ведь главная задача предприятий лесного хозяйства — вырастить высокопродуктивные насаждения с минимальными затратами общественного труда (минимальными объемами всех видов работ, включая лесокультурные). К сожалению, эти неудачные модели хозяйственного расчета пытаются в настоящее время внедрить на комплексных лесных предприятиях Минлесхоза УССР.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] КПСС, ЦК, СССР. Совет Министров. О коренной перестройке дела охраны природы в стране: Постановление ЦК КПСС и СМ СССР // Правда. — 1988. — 17 янв. [2]. Народное хозяйство СССР в 1987 г.: Статистич. сб. — М.: Финансы и статистика, 1988. — 654 с. [3]. Синякевич И. М. О совершенствовании образования фонда материального поощрения в условиях комплексного ведения хозяйства // Лесн. журн. — 1982. — № 5. — С. 110—112. — (Изв. высш. учеб. заведений). [4]. Синякевич И. М. Оценка лесопользования с учетом экологических факторов // Лесн. пром-сть. — 1982. — № 11. — С. 28—29. [5]. Синякевич И. М. Стимулирование экологичности лесопользования / Львов. лесотехн. ин-т. — М., 1986. — 357 с. [6]. Синякевич И. М. Эколого-экономическая классификация лесных ресурсов // Лесн. журн. — 1987. — № 4. — С. 114—117. — (Изв. высш. учеб. заведений). [7]. Синякевич И. М., Туныця Ю. Ю. Стимулирование эколого-экономической эффективности лесопользования. — Львов: Вища школа, 1985. — 178 с.

Поступила 5 июня 1989 г.

УДК 630\*6

## ИССЛЕДОВАНИЕ УРОВНЯ ИНТЕНСИВНОСТИ ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРА

*Н. П. ЧУПРОВ, Т. П. ЯРУНОВА*

Архангельский институт леса и лесохимии

Европейский Север — крупнейший в стране лесной и лесопромышленный регион. Основу его экономики составляет лесопромышленный комплекс. Успешность функционирования этого комплекса зависит от того, будет ли он обеспечен надежной лесосырьевой базой. Практика последнего десятилетия показывает, что лесосырьевые ресурсы региона, особенно хвойные леса, быстро истощаются и уже сейчас ощущается значительный недостаток древесины. Важнейшим направлением улучшения лесосырьевого баланса, наряду с необходимостью улучшения использования лесных ресурсов на всех этапах лесопромышленного производства, является повышение продуктивности лесов за счет увеличения объема и повышения качества лесохозяйственных мероприятий. Это реально лишь при условии коренной интенсификации лесного хозяйства.

Северное лесное хозяйство в своем развитии не стоит на месте. Так, с 1965 г. по 1987 г. (за 22 года) объемы основных лесохозяйственных мероприятий по региону в целом (Архангельская, Вологодская области и Коми АССР) увеличились: сохранения подроста и рубок ухода — в 2,7—2,9 раза, лесоосушения — в 13,5 раза. Площадь же лесных культур уменьшилась на 5% в связи с ростом площадей сохраняемого

Таблица 1

## Показатели динамики объема основных лесохозяйственных мероприятий на Европейском Севере

Вид мероприятий	Площадь по годам, тыс. га				Увеличение за 1965—1987 гг., раз	Среднегодовые темпы роста, %		
	1965	1980	1985	1987		1965—1987	1980—1985	1985—1987
Архангельская область								
Лесные культуры	49,2	43,7	35,7	36,6	—1,3	—1	—4	+1,4
Сохранение подроста*	28,0	54,5	80,5	76,5	+2,7	+8	+10	—2,5
Рубки ухода**	10,9	25,4	39,3	34,3	+3,1	+10	+11	—6,3
Лесоосушение	1,4	25,4	15,8	17,7	+12,6	+53	—8	+6,0
Вологодская область								
Лесные культуры	20,8	24,9	19,3	20,1	0	0	—4	+2,8
Сохранение подроста	14,5	20,9	23,4	30,1	+2,1	+5	+2	+25,0
Рубки ухода	24,3	28,4	48,6	43,1	+1,8	+4	+14	—5,7
Лесоосушение	1,2	13,3	9,8	10,5	+8,7	+35	—5	+3,6
Комп АССР								
Лесные культуры	16,5	32,0	23,6	25,0	+1,5	+2	—5	+3,0
Сохранение подроста	33,0	108,2	116,4	114,5	+3,5	+11	+1	—0,8
Рубки ухода	2,2	20,7	25,4	22,0	+10,0	+41	+5	—6,7
Лесоосушение	—	11,5	5,4	7,0	—	—	—11	+14,8
По региону								
Лесные культуры	86,5	100,6	78,6	82,0	—1,1	0	—4	+2,2
Сохранение подроста	75,5	183,6	220,3	221,0	+2,9	+9	+5	+1,8
Рубки ухода	37,4	74,5	113,3	99,4	+2,7	+8	+10	—6,1
Лесоосушение	2,6	50,2	31,0	35,2	+13,5	+57	—8	+6,8

\* Включено в выполнение плана по содействию естественному возобновлению.

\*\* Без хмухов.

подроста и необходимостью улучшения качества культур (табл. 1). Сводный объем производства (в ценах 1980 г.) по региону повысился в 2,6 раза (табл. 2). Высокими, кроме лесных культур, были среднегодовые темпы роста объема работ. По сохранению подроста и рубкам ухода они составляли 8...9 %, лесоосушению — 57 %. Сводный объем производства увеличивался с темпами 8 %. В предыдущее же пятилетие (1980—1985 гг.) рост объема мероприятий замедлился. Так, площадь создаваемых лесных культур уменьшилась на 22 %. Среднегодовые темпы роста площадей с сохранением подроста составили 5 %, рубок ухода — 10 %.

На 38 % снизилась годовая площадь лесоосушения. Сводный объем производства за пятилетие уменьшился на 10 %. В последние два года (1985—1987) темпы роста площадей с сохранением подроста составили 1,8 %, а рубок ухода были отрицательными. По лесным культурам они равнялись 2,2 %, по лесоосушению — 6,8 %. Несмотря на заметный рост объема мероприятий, в целом он еще не достиг требуемого значения. Так, если подрост сохраняется практически на предельно возможной площади, то качество его довольно низкое. Примерно на половине учитываемых площадей с сохранением подроста он отсутствует в местах погрузочных площадок, лесовозных усов, волоков и др. Тре-



Таблица 2

Показатели динамики уровня лесохозяйственного производства  
Европейского Севера

Показатели	Затраты на 1 га лесной площади, р.		Сводный объем производства, млн р.	Уровень механизации, %	Фондовооруженность на 1 га, р.	Энерговооруженность на 1 000 га, л. с.	Производительность труда на 1 рабочего и лесника, тыс. р.
	операционные	капитальные					
Архангельская область							
Достигнутый уровень							
1965	0,27	0,04	7,7	28	0,08	0,7	2,00
1980	0,85	0,09	21,6	67	0,56	3,7	4,40
1987	0,86	0,12	18,2	73	0,90	7,9	4,19
Увеличение за 1965—1987 гг., раз	+3,2	+3	+2,4	+2,6	+11	+11	+2,1
Среднегодовые темпы роста, %							
1965—1987	+9,6	+9,1	+6,2	+7,3	+46,6	+41	+5,0
1980—1987	+0,2	+4,8	-2,2	+1,3	+8,7	+16	-0,7
Вологодская область							
Достигнутый уровень							
1965	0,76	0,08	4,6	31	0,50	2,8	1,87
1980	1,40	0,25	13,6	59	1,42	12,6	3,78
1987	1,73	0,20	13,0	52	2,32	21,4	3,69
Увеличение за 1965—1987 гг., раз	+2,3	+3	+2,8	+1,7	+5	+8	+2,0
Среднегодовые темпы роста, %							
1965—1987	+5,8	+6,8	+8,3	-3,1	+16,5	+30	+4,4
1980—1987	+3,4	-2,9	-0,6	-1,7	+9,0	+10	-0,3
Коми АССР							
Достигнутый уровень							
1965	0,10	0,002	4,8	50	0,03	0,5	3,35
1980	0,40	0,06	16,6	61	0,25	1,7	5,71
1987	0,44	0,07	14,1	63	0,43	3,1	4,42
Увеличение за 1965—1987 гг., раз	+4,4	+35	+2,9	+1,3	+14	+6	+1,3
Среднегодовые темпы роста, %							
1965—1987	+15,0	+154,0	+9,0	+1,2	+61	+23	+1,5
1980—1987	+1,4	+2,4	-2,2	+0,5	+10,3	+12	-3,2
По региону							
Достигнутый уровень							
1965	0,24	0,02	17,0	35	0,12	0,8	2,20
1980	0,68	0,09	51,8	64	0,50	3,7	4,55
1987	0,75	0,10	45,3	65	0,82	7,0	4,08
Увеличение за 1965—1987 гг., раз	+3,1	+5	+2,6	+1,9	+7	+9	+1,9
Среднегодовые темпы роста, %							
1965—1987	+10	+18	+8	+4	+26	+35	+3,9
1980—1987	+1,5	+1,6	-1,8	+0,2	+9,1	+13	-1,5

буют некоторого увеличения площади лесных культур. Однако главная задача сейчас — не увеличение их площадей, а повышение качества. Слабо применяется содействие естественному возобновлению хвойных лесов путем оставления семенников с рыхлением почвы, огневой очисткой лесосек, дававшее раньше хорошие результаты. Годовая площадь рубок ухода по региону равна половине потребной. Большой недоста-

ток их качества — низкая интенсивность и слабый учет лесоводственных требований. В последние годы значительно снизился объем лесосушения. Если его проводить в этом объеме, то для освоения установленного гидролесомелиоративного фонда региона потребуется 400 лет. Главный недостаток лесосушения — не всегда правильный подбор объектов. Внесение минеральных удобрений в леса перед рубкой проводится в опытным порядке, а в промышленных масштабах в ближайшие 10...20 лет не предвидится.

Имел место заметный рост материально-технического уровня лесного хозяйства (табл. 2). За 1965—1987 гг. уровень фондовооруженности и энерговооруженности лесного хозяйства по региону увеличился в 7—9 раз. Среднегодовые темпы роста этих показателей были высокими и составили 26...35 %. Уровень механизации производства в целом (без работ, механизация которых невозможна) увеличился в 1,9 раза со среднегодовыми темпами роста 4 %. Операционные затраты увеличились в 3,1 раза при среднегодовых темпах роста 10 %, а капитальные — в 5 раз с темпами роста 18 %. Однако в последние годы этот рост замедлился. За 1980—1987 гг. темпы роста фондовооруженности и энерговооруженности составили 9...13 % (против 26...35 % за 1965—1987 гг.), а за 1985—1987 гг. — 3...5 %. За последние 7 лет не повысился общий уровень механизации лесного хозяйства, что нельзя признать нормальным в условиях необходимости увеличения объема производства и недостатка в рабочей силе. Среднегодовые темпы роста операционных затрат за 1980—1987 гг. составили 1,5 %, а капитальные — 1,6 %.

В связи с ростом технической вооруженности и объема производства наблюдался рост производительности труда. В период с 1965 г. по 1987 г. она (в расчете на 1 рабочего и лесника, без подрядных работ) увеличилась по региону в целом в 1,9 раза со среднегодовыми темпами роста 3,9 %. В последнее же семилетие они были отрицательными (—1,5 %), что явилось, в основном, следствием снижения объема производства при небольшом уменьшении численности рабочих и лесников.

Несмотря на заметный рост, уровень лесного хозяйства Севера остается низким. Характерны огромные площади производственных единиц. Так, средняя площадь лесхоза находится в пределах от 305 тыс. га в Вологодской области до 1450 тыс. га в Коми АССР, а средняя площадь лесничества — от 41 до 269 тыс. га. В течение длительного периода эти площади не уменьшаются. По нормативам они должны быть в 2—10 раз меньше. На одного лесника приходится от 4 до 39 тыс. га площади, что в 20—40 раз больше, чем, например, в центральных областях и на Украине. При имеющемся соотношении площадей лесхозов, лесничеств и численности лесной охраны невозможно надлежащее ведение лесного хозяйства.

Слаба пока материально-техническая база. В связи с недостатком, а часто и отсутствием специальной техники, многие работы не механизированы.

Показатели фондовооруженности и энерговооруженности лесного хозяйства в 1987 г. составили 0,82 р./га и 7,0 л. с. на 1000 га лесной площади. Низки операционные и капитальные затраты, составляющие по региону 0,75 и 0,10 р./га. Эти показатели в 5—10 раз ниже, чем, например, в центральных областях, и в 10—50 раз ниже, чем в БССР, на Украине, в Прибалтике. Показатели обеспеченности единицы объема производства основными средствами в 2—3 раза ниже, чем в БССР и на Украине. Сейчас на ведение лесного хозяйства региона используется лишь 40 % (43 млн р.) получаемого здесь лесного дохода (108 млн р.) даже при очень низкой попенной плате.

Выполненные нами расчеты на примере Архангельской области показали, что интенсификация лесного хозяйства, доведение объема лесохозяйственных мероприятий до лесоводственно-необходимого требует увеличения операционных затрат в 3 раза (с 17 до 50...55 млн р.), что позволит в перспективе увеличить расчетную лесосеку неистощительного пользования лесом по области до 30 млн м<sup>3</sup>, в основном по хвойному хозяйству. Это очень важно для экономики области.

В целом лесное хозяйство Севера ведется экстенсивно и способно осуществлять лишь неполное простое воспроизводство лесных ресурсов при необходимости расширенного. Однако в разных частях этого огромного региона уровень его далеко неодинаков. В целях анализа размещения лесного хозяйства региона выполнено районирование уровня его интенсивности.

Этой проблеме в разных регионах страны посвящены работы многих лесозащитников (Орлов, 1927; Мотовилов, 1949; Байтин, 1950; Цымек, 1956; Сарма, 1956; Судачков, 1960; Котов, 1968; Гальперин, 1968; Полянский, Скочко, 1976; Шейнгаус, Чельшев, 1981 и др.). Предложено несколько вариантов показателей для оценки уровня ведения лесного хозяйства, а также региональные и общие шкалы для районирования этого уровня. Однако общепринятой классификации и единых показателей нет.

Таблица 3

Корреляционная связь показателей, характеризующих уровень ведения лесного хозяйства Европейского Севера

Показатели	Коэффициент корреляции связи ( $r \pm m$ )	
	с показателем сводного объема производства на 1 га	с относительным показателем
Сводный объем производства на 1 га лесной площади, р.	—	$0,86 \pm 0,03$ Высокая
Средняя площадь, тыс. га: лесхоза	$-0,44 \pm 0,09$ Умеренная	$-0,56 \pm 0,08$ Значительная
лесничества	$-0,44 \pm 0,09$ Умеренная	$-0,46 \pm 0,09$ Умеренная
Общая площадь, тыс. га, приходящаяся на 1 лесника	$-0,41 \pm 0,09$ Умеренная	$-0,48 \pm 0,09$ Умеренная
Протяженность дорожной сети на 1 000 га, км	$0,63 \pm 0,07$ Значительная	$0,80 \pm 0,04$ Высокая
Основные средства на 1 га лесной пло- щади, р.	$0,64 \pm 0,06$ Значительная	$0,84 \pm 0,03$ Высокая
Операционные затраты на 1 га лесной площади, р.	$0,90 \pm 0,02$ Высокая	$0,74 \pm 0,06$ Высокая
Капитальные затраты на 1 га лесной площади, р.	$0,04 \pm 0,11$ Слабая	$0,03 \pm 0,11$ Слабая
Процент площади лесных культур от годовой лесосеки	$0,44 \pm 0,09$ Умеренная	$0,58 \pm 0,07$ Значительная
Процент площади рубок ухода от по- требности в них	$0,12 \pm 0,11$ Слабая	$0,07 \pm 0,11$ Слабая
Процент площади лесосошения от гид- ролесомелиоративного фонда	$0,82 \pm 0,04$ Высокая	$0,64 \pm 0,06$ Значительная
Процент использования действующей расчетной лесосеки	$0,17 \pm 0,11$ Слабая	$0,11 \pm 0,10$ Слабая

Несмотря на экстенсивный характер ведения лесного хозяйства на Европейском Севере в целом, уровень его заметно различается по областям и лесхозам. Нами это различие проанализировано по всем лесхозам региона.

Под уровнем интенсивности ведения лесного хозяйства мы понимаем, в конечном счете, степень воздействия лесохозяйственного производства на леса с целью ускорения лесовыращивания и повышения их продуктивности. Материальной основой этого воздействия является степень обеспеченности лесного хозяйства материально-техническими средствами, а также трудовыми ресурсами.

Отобрано, проанализировано и использовано 12 показателей, приведенных в табл. 3, 5, 6, характеризующих уровень лесного хозяйства. В качестве основного обобщающего критерия нами принят сводный объем производства, приходящийся на 1 га лесной площади. Для сравнения проанализирован также обобщающий относительный показатель, предложенный Е. В. Полянским и М. С. Скочко [1]. Статистическая обработка, выполненная по всем лесхозам региона, позволила заключить, что в качестве основного могут быть использованы оба названных показателя. Корреляционная связь большинства отобранных показателей с обоими сравниваемыми оказалась близкой. Связь показателя сводного объема производства с самим относительным — высокая (табл. 3). Первый более удобен для практического использования. Отобранные показатели имеют разную тесноту связи с критериями. Отдельные из них (капитальные затраты, площадь рубок ухода, процент использования расчетной лесосеки) имеют слабую связь.

На основании изучения показателей ведения лесного хозяйства в регионе (Архангельская, Вологодская области и Коми АССР), в Северо-Западном экономическом районе [1] и других районах страны нами предлагается 6-разрядная шкала оценки уровня интенсивности ведения лесного хозяйства Севера и Северо-Запада (табл. 4). На Европейском Севере достаточно применение I—IV разрядов этой шкалы.

Таблица 4

Шкала оценки уровня интенсивности ведения  
лесного хозяйства

Разряд интенсивности	Сводный объем производства на 1 га лесной площади, р.	Разряд интенсивности	Сводный объем производства на 1 га лесной площади, р.
I	0 ... 1,0	IV	5,1 ... 10,0
II	1,1 ... 2,0	V	10,1 ... 20,0
III	2,1 ... 5,0	VI	20,1 и выше

Выполнено районирование уровня лесного хозяйства Севера. В табл. 5 и 6 приведена характеристика выделенных в регионе зон интенсивности лесного хозяйства. Она показывает, что и на Севере уровень его по лесхозам заметно различается. Преобладают (74 % площади региона) хозяйства низшего (I) разряда. Более высокий уровень (IV разряд) имеется лишь на мизерной (1 %) площади региона в двух лесхозах Вологодской области.

Проведенная в последнее время реорганизация лесного хозяйства Севера на основе объединения части лесхозов с леспромхозами, вероятно, не приведет к улучшению ведения лесного хозяйства. Уровень его будет зависеть от того, какие материальные и трудовые ресурсы сможет выделить лесная промышленность в условиях их недостатка на самих лесозаготовках. Мы считаем, что в сложившихся условиях лес-

Таблица 5

Диапазон и средние показатели районирования уровня ведения лесного хозяйства Европейского Севера (Архангельская, Вологодская области, Коми АССР)

Показатели	Средние (числитель) и предельные по лесхозам (знаменатель) значения показателей по разрядам интенсивности			
	I	II	III	IV
Расчетный сводный объем производства на 1 га, р.	$\frac{0,55}{0,24 \dots 0,98}$	$\frac{1,38}{1,02 \dots 1,92}$	$\frac{2,83}{2,02 \dots 3,99}$	$\frac{6,94}{5,18 \dots 8,78}$
Расчетный обобщающий относительный показатель	$\frac{0,9}{0,3 \dots 1,5}$	$\frac{1,8}{0,9 \dots 4,0}$	$\frac{2,8}{2,0 \dots 5,5}$	$\frac{5,5}{4,1 \dots 6,8}$
Средняя площадь, тыс. га:				
лесхоза	$\frac{1\ 045}{271 \dots 2\ 677}$	$\frac{482}{203 \dots 1\ 299}$	$\frac{338}{92 \dots 672}$	$\frac{234}{207 \dots 261}$
лесничества	$\frac{171}{23 \dots 813}$	$\frac{66}{27 \dots 217}$	$\frac{48}{18 \dots 100}$	$\frac{26}{23 \dots 29}$
Площадь, приходящаяся на 1 лесника, тыс. га	$\frac{28}{5,3 \dots 162,7}$	$\frac{9}{3,0 \dots 27,2}$	$\frac{5}{1,5 \dots 16,4}$	$\frac{3}{2,6 \dots 3,4}$
Протяженность дорожной сети на 1000 га, км	$\frac{0,8}{0,1 \dots 4,1}$	$\frac{1,5}{0,7 \dots 4,7}$	$\frac{2,1}{0,5 \dots 7,9}$	$\frac{2,9}{2,8 \dots 8,0}$
Объем основных средств на 1 га, р.	$\frac{0,50}{0,04 \dots 1,51}$	$\frac{1,40}{0,29 \dots 9,96}$	$\frac{2,48}{0,96 \dots 10,90}$	$\frac{5,94}{3,34 \dots 9,72}$
Операционные затраты на 1 га, р.	$\frac{0,55}{0,26 \dots 1,35}$	$\frac{1,16}{0,81 \dots 4,27}$	$\frac{2,48}{1,72 \dots 3,85}$	$\frac{5,42}{3,54 \dots 8,16}$
Капитальные затраты на 1 га, р.	$\frac{0,01}{0,00 \dots 0,14}$	$\frac{0,04}{0,01 \dots 0,28}$	$\frac{0,06}{0,01 \dots 0,34}$	$\frac{0,05}{0,01 \dots 0,08}$
Процент площади лесных культур от площади годичной лесосеки	$\frac{17}{8 \dots 84}$	$\frac{26}{12 \dots 113}$	$\frac{31}{20 \dots 68}$	$\frac{61}{56 \dots 76}$
Процент площади рубок ухода от потребности в них	$\frac{44}{18 \dots 509}$	$\frac{46}{23 \dots 272}$	$\frac{50}{32 \dots 100}$	$\frac{79}{75 \dots 83}$
Процент площади лесосоушения от гидролесомелиоративного фонда	$\frac{0}{0 \dots 0,4}$	$\frac{0,5}{0 \dots 6,8}$	$\frac{2,6}{1,5 \dots 3,7}$	$\frac{6,3}{5,5 \dots 7,5}$
Процент использования расчетной лесосеки	$\frac{67}{8 \dots 138}$	$\frac{98}{12 \dots 172}$	$\frac{91}{25 \dots 122}$	$\frac{90}{90 \dots 91}$

ное хозяйство Севера должно развиваться как самостоятельная отрасль народного хозяйства, выполняющая свои специфические функции. Оно должно содержаться за счет лесных доходов, которые целесообразно значительно повысить, в основном попенную плату. Следует исключить неправильную практику перераспределения лесных доходов Севера в другие регионы страны, которая сейчас принята как аксиома. Если на Севере вырубается огромные площади лесов, то их надо и восстанавливать в соответствующем объеме с резким увеличением затрат на ведение лесного хозяйства. Лесное хозяйство более южных регионов должно содержаться не за счет лесных доходов, получаемых на Севере, а за счет оплаты услуг, выполняемых этими лесами на месте.

В целях улучшения ведения лесного хозяйства и резкого повышения качества выполняемых работ целесообразен перевод лесного хозяйства на принципы хозрасчета на базе использования планово-расчетных цен на продукцию и поэтапно выполняемые работы, одновременно с применением стандартов на эту продукцию и работы.

Таблица 6

## Характеристика зон интенсивности ведения лесного хозяйства Европейского Севера

Область	Средние показатели ведения лесного хозяйства												
	Площадь, %		Средняя площадь, тыс. га*		Площадь на 1 лесника, тыс. га*	Протяженность дождной сети на 1 000 га, км	Процент площади			Сводный объем произв. на 1 га, р.	Затраты на 1 га, р.		Фондооборотность на 1 га, р.
	от площади зоны	от площади региона	лесхоза	лесхоза			лесных культур от площади рубок	рубок ухода от потребности рубок	осушения от гидролесомелирования фонда		операционные	капитальные	
	39,4	29,2	1 159	182	29	0,8	20	49	0	0,60	0,64	0,01	0,60
Архангельская	4,4	3,2	412	47	6	2,4	27	30	0	0,74	0,78	0,02	0,66
Вологодская	56,2	41,7	1 101	205	39	0,7	15	53	0	0,51	0,47	0,01	0,42
Коми АССР													
По региону	100	74,2	1 045	171	28	0,8	17	44	0	0,55	0,55	0,01	0,50
	I разряд — зона очень низкой интенсивности ведения лесного хозяйства												
	II разряд — зона относительно низкой интенсивности ведения лесного хозяйства												
Архангельская	44,3	8,8	617	78	12	1,9	28	39	0,5	1,39	1,24	0,02	1,47
Вологодская	34,4	6,8	308	43	5	1,9	28	48	0,2	1,27	1,21	0,10	1,87
Коми АССР	21,3	4,2	893	149	31	1,0	16	64	0,8	1,52	0,94	0,01	0,52
По региону	100	19,8	482	66	9	1,5	26	46	0,5	1,38	1,16	0,04	1,40
	III разряд — зона относительно средней интенсивности ведения лесного хозяйства												
Архангельская	51,0	2,7	574	69	8	2,2	29	38	3,0	2,98	2,30	0,09	1,62
Вологодская	44,2	2,4	249	36	3	2,0	35	73	2,4	2,71	2,64	0,03	3,41
Коми АССР	4,8	0,2	160	40	4	1,3	25	94	0	2,18	3,13	0	4,44
По региону	100	5,3	338	48	5	2,1	31	50	2,6	2,83	2,48	0,06	2,48
	IV разряд — зона относительно высокой интенсивности ведения лесного хозяйства												
Вологодская	100	0,7	234	26	3	2,9	61	79	6,3	6,94	5,42	0,05	5,94

\* Без персданной в долгосрочное пользование.

## ЛИТЕРАТУРА

[1]. Полянский Е. В., Скочко М. С. Методика исследования интенсивности лесного хозяйства. — Л.: ЛенНИИЛХ, 1971. — 58 с.

Поступила 8 сентября 1989 г.

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

УДК 630\*561 : 630\*243

**ОПАД И ПРИРОСТ  
В СРЕДНЕВОЗРАСТНОМ СОСНОВОМ НАСАЖДЕНИИ  
СВЕЖЕЙ СУБОРИ ПОСЛЕ ИЗРЕЖИВАНИЯ**

*А. П. АНДРУЩЕНКО*

Харьковский сельскохозяйственный институт

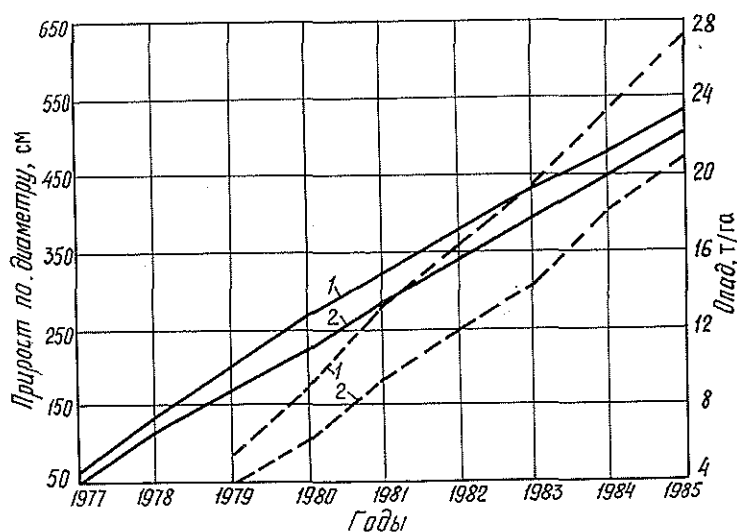
Несмотря на многовековую историю рубок ухода, по вопросам их интенсивности в культурах сосны среди лесоводов нет единодушия [1, с. 165—195]. В связи с этим определенный интерес представляет обоснование рубок ухода с учетом лесного опада.

Весной 1977 г. в однородном по строению, высокополнотном чистом искусственном сосновом насаждении свежей субори, произрастающем на боровой террасе р. Северский Донец в Харьковской области, был заложен опыт с рубками ухода интенсивностью 15, 22 и 32 % по запасу. Наряду с угнетенными, выбраны и сильно разросшиеся, крупные деревья; на контроле ограничили санитарной рубкой.

Таксационная характеристика исследуемых 60-летних насаждений в 1985 г. приведена в табл. 1.

Таблица 1

Опытные секции		Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Сумма площадей сечений, м	Число стволов, шт./га	Запас стволовой древесины, м³/га
Номер	Степень изреживания, %					
1	0	22,5	20,3	44,9	1380	470
2	15	22,5	19,7	37,6	1232	410
3	22	22,5	20,2	36,3	1124	380
4	32	22,5	20,2	31,2	872	330



Накопление опада (штриховые линии) и текущего прироста (сплошные линии) древесины в контрольном (1) и сильно изреженном (2) насаждениях

Опад собирали опадоуловителями размером  $1 \times 1$  м в 10-кратной повторности. В 1980—1983 гг. учет проведен без разделения на фракции. Для определения прироста стволов по радиусу на высоте груди использован природной бурав и микроскоп МБС-1. Пробы древесины взяты с восточной стороны стволов. Деревья для анализа отбирали методом случайной выборки, способом ступенчатого представительства.

Таблица 2

## Фракционный состав опада, кг/га

Период опада	Степень изреживания, %	Хвоя	Кора	Веточки	Шишки	Смесь
20.IV—12.VIII 1978	0	197	119	32	153	146
	15	175	117	69	99	51
	22		Не определяли			
	32	150	80	38	143	44
12.VIII—14.XI 1978	0	1 838	108	197	34	101
	15	1 576	114	108	26	45
	22	1 622	90	133	35	54
	32	1 141	31	3	8	40
14.XI—17.IV 1979	0	580	180	210	35	55
	15	489	159	177	6	42
	22	528	110	131	12	23
	32	432	108	82	24	23
17.IV—14.VIII 1979	0	1 401	239	328	340	272
	15	1 241	207	220	212	218
	22	1 224	179	144	157	206
	32	1 004	127	127	230	118
14.VIII—15.IX 1979	0	248	63	61	18	17
	15	293	44	17	24	14
	22	271	42	11	21	12
	32	170	33	4	27	9
5.XII 1983 — 25.IV 1984	0	319	225	626	29	141
	15	297	212	478	42	135
	22	325	219	268	52	153
	32	316	197	252	77	136
25.IV—4.IX 1984	0	905	338	271	424	271
	15	789	288	202	257	234
	22	792	328	180	216	222
	32	695	231	58	256	178
4.IX—7.XII 1984	0	1 205	112	50	4	45
	15	1 030	111	24	20	43
	22	1 025	50	25	20	20
	32	766	68	34	12	25

Во все сроки наблюдений общая масса опада снижалась в направлении от контроля к секции сильного изреживания (табл. 2). В целом за 7-летний период в контрольное насаждение поступило 27,5 т/га опада, а в сильно изреженное — 20,8 т/га, или 76 % (см. рисунок). При среднегодовой величине опада 3,9 т/га на контроле и 3,0 т/га в сильно изреженном насаждении колебания составили соответственно 3,1...5,4 и 2,4...3,8 т/га. Средняя интенсивность опада в контрольном насаждении 10,4 кг/(га · сут), в изреженном 7,9 кг/(га · сут) с колебаниями по отдельным периодам соответственно 5...52 и 3...47 кг/(га · сут).

Неуклонное снижение массы опада с увеличением степени изреживания наблюдается по всем фракциям и периодам наблюдений: по хвое в среднем на 30 %, коре — 36 %, шишкам — 25 %, веточкам — 37 %. Направленные изменения во фракционном составе опада с годами не проявились. Исходя из среднего содержания хвои в опаде 60 % и продолжительности ее жизни 2,5 года, весенняя фитомасса хвои в годы наблюдений ориентировочно составляла 4,5...5,7 т/га на контроле и 3,5...4,2 т/га на секции сильного изреживания.

Подтверждением описанного характера различий в опаде служат сходные различия в приросте древостоев по диаметру. Текущий прирост среднего дерева за 9-летние периоды до и после изреживания на контроле оставался неизменным —



1,7 мм, а на секции сильного изреживания увеличился до 2,5 мм, т. е. на 47 %. Текущий же прирост всех деревьев на площади 0,2 га за 9-летний период после изреживания на контроле составил 526 см, а на секции сильного изреживания — только 506 см (см. рисунок). Соответствующий текущий прирост по запасу, вычисленный с учетом практической неизменности видовых чисел стволов после 50-летнего возраста насаждений [2], составил на контроле 12,9 м<sup>3</sup>/га, а на секции сильного изреживания — 11,3 м<sup>3</sup>/га.

Следовательно, в исследованных чистых искусственных сосновых насаждениях свежей субори дополнительный прирост — опад надземной фитомассы, оставшейся после проходных рубок части древостоя, не обеспечивает превышения прироста — опада исходных насаждений. Наибольшую фитомассу накапливают высокополнотные, густотой 1 300 стволов на 1 га, 60-летние насаждения.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. Биологическая продуктивность сосны в лесостепной зоне / В. И. Рубцов, А. И. Новосельцева, В. К. Попов, В. В. Рубцов.— М.: Наука, 1976.— 223 с. [2]. Дворецкий М. Л. Текущий прирост древесины ствола и древостоя.— М.: Лесн. пром-сть, 1964.— 126 с.

УДК 630\*228.7:631.55

## ВЛИЯНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ НАСАЖДЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

В. М. ИВОНИН, В. В. ЗАСОБА

Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт

Мелиоративная роль лесных полос, интегральным показателем которой служит урожайность сельскохозяйственных культур, изучена довольно обстоятельно ([4] и др.). Приопущенные зоны мелиоративного влияния определяются при учете урожая конкретной культуры на различном удалении от лесных полос. Такую методiku применяют и при изучении полеваящитной роли колков, байрачных и приводораздельных лесов степной зоны ([1] и др.). При этом у лесной экосистемы определяют зону полевой части экотона, которая обычно не превышает 30 *H* (высот основной лесобразующей породы). Как известно, экотон характеризует границу экосистемы и включает в себя внешний лесной пояс, измененный под воздействием открытых пространств, и полевой пояс сельскохозяйственных угодий, находящийся под непосредственным мелиоративным влиянием леса, который существенно преобразует микроклимат и почвы.

Полагаем, что зона мелиорации сельскохозяйственных угодий лесным массивом значительно шире полевой зоны экотона, так как лес мелиорирует территорию не только непосредственно, но и опосредованно (усиливает эффективность лесных полос, укрепляет структуру иерархической противозероэрозийной инженерно-биологической системы водосбора и др. [2]). Кроме этого, мелиоративная роль искусственных степных лесов резко возрастает в связи с тем, что они закрепляют наиболее опасные очаги эрозии или дефляции, что усиливает продуктивность и устойчивость лесоаграрных ландшафтов водосбора.

Предположение о широкой зоне мелиорации можно подтвердить данными Н. К. Генко о приводораздельных лесных насаждениях в Куйбышевской области, положительное влияние которых на зерновые колосовые культуры, кукурузу и многолетние травы прослеживается от опушек на расстоянии до 1,5 км [5], т. е. зона мелиорации значительно превышает ширину полевой части экотонов, равную 200...300 м.

Поэтому целью наших исследований было охарактеризовать мелиоративную роль искусственных степных лесов на основе анализа данных об урожайности основных сельскохозяйственных культур на территории хозяйств, расположенных с наветренной и подветренной сторон лесных массивов. При обнаружении статистических зависимостей урожайности можно считать доказанным существование внешних связей лесных экосистем с окружающей средой и другими элементами противозероэрозийных инженерно-биологических систем водосборов.

Для решения этого вопроса в Ростовской области нами были выбраны хозяйства с примерно одинаковой облесенностью пашни, территория которых примыкает к массивам степных лесов (табл. 1) с их подветренной и наветренной сторон.

В результате обработки на ЭВМ [3] данных статистической отчетности об урожаях основных сельскохозяйственных культур за период 1976—1985 гг. выяснено (табл. 2), что лучшим мелиоративным влиянием характеризуются лесные массивы Донского, Ленинского лесхозов и Сальской дачи, худшим — массив Веселовского лесничества. Последний не ориентирован четко по направлению суховейных, дефлирующих или метелевых ветров, так как имеет форму, в плане близкую к кругу; он не мелиорирует полностью территории колхоза «Победа» и совхоза «Зерноградский».

Таблица 1

## Общая характеристика искусственных степных лесов Ростовской области

Лесхоз, район, год основания	Площадь, га		Главные породы	Почвы и рельеф	Средне- годовое количе- ство осадков, мм	Средне- годовая темпе- ратура возду- ха, °С	Основное назначение
	общая	в том числе лесоо- крытая					
Донской, Красноу- линский, 1876 г.	2 642	1 633	Дуб черешчатый, ясень обыкновен- ный, клен остро- листный, сосна обыкновенная и крымская	Черноземы южные и обык- новенные; отроги Донец- кого кряжа, балки	424	7,8	Научное, почво- и водо- охранное
Ленский, Азов- ский, 1884 г.	5 542	4 092	Дуб черешчатый, ясень обыкновен- ный и зеленый, клен остролист- ный	Черноземы предкавказские мощные легкосуглинистые; широколиственная равнина с долиной реки	438	9,0	Научное, семенная база для лесоразведения, ох- рана генофонда растений и животных
Маньчский (Бесе- ловское лесниче- ство), Зерноград- ский, 1886 г.	1 842	1 507	Дуб черешчатый, ясень обыкновен- ный и зеленый, клен остролист- ный	Черноземы предкавказские карбонатные и слабобы- шечленные; слабоволни- стая равнина	470	8,5	Научное, средозащитное
Романовский (Саль- ская дача), Волго- донский, 1868 г.	2 836	2 237	Дуб черешчатый, ясень обыкновен- ный	Темно-каштановые слабоволнистая равнина	391	9,1	Поле- и почвоохранное

Таблица 2

## Математико-статистические модели мелноративного влияния искусственных степных лесов

Лесхоз, лесничество	Хозяйство	Культура	Параметры модели	Коэффициент корреляции	Средняя квадратичная ошибка
Донской	Колхозы «Путь к коммунизму» и им. XXII партсъезда Крас- носулинского района	Озимая пшеница	$y = 1,574x - 7,111$	$0,835 \pm 0,095$	4,28
		Яровой ячмень	$y = 0,799x - 5,12$	$0,673 \pm 0,173$	4,77
		Подсолнечник на мас- лосемена	$y = 0,326x + 10,346$ $y = 0,792x + 87,262$	$0,602 \pm 0,202$ $0,896 \pm 0,062$	2,62 26,45
Леннинский	Колхозы им. Ленина и «Рассвет» Азовского района	Озимая пшеница	$y = 0,386x + 17,78$	$0,668 \pm 0,175$	4,11
		Яровой ячмень	$y = 1,104x + 2,23$	$0,855 \pm 0,085$	4,83
		Подсолнечник на мас- лосемена	$y = 0,768x + 3,85$ $y = 1,16x - 5,77$	$0,843 \pm 0,091$ $0,655 \pm 0,181$	1,53 74,18
Веселовское	Колхоз «Победа» Веселовского и совхоз «Зерноградский» Зерноградского районов	Подсолнечник на мас- лосемена	$y = 0,965x - 2,704$	$0,699 \pm 0,180$	1,71
Сальская дача	Совхозы «Добровольский» Вол- годонского и «Верхне-Сереб- ряковский» Зимовниковского районов	Озимая пшеница	$y = 0,939x - 2,171$	$0,676 \pm 0,181$	5,02
		Яровой ячмень	$y = 0,887x - 0,382$	$0,917 \pm 0,053$	2,49
		Кукуруза на зерно	$y = 0,644x + 7,041$ $y = 0,724x + 4,466$	$0,719 \pm 0,197$ $0,844 \pm 0,096$	7,16 18,06

Примечание.  $y$  — урожайность культуры в хозяйстве наветренной стороны лесного массива, ц/га;  $x$  — урожайность той же культуры в хозяйстве подветренной стороны, ц/га.

В этих хозяйствах за исследуемый период размещение сельскохозяйственных культур во времени и пространстве обеспечило только у подсолнечника соответствие экологического оптимума параметрам экологической ниши, образованной массивом Веселовского лесничества в исследованный период времени.

Массивы Донского, Ленинского лесхозов и Сальской дачи, имеющие вытянутую форму и ориентированные относительно вредоносных ветров, оказали мелиоративное влияние на показатели урожайности озимой пшеницы, ярового ячменя, кукурузы и подсолнечника на всей территории исследуемых хозяйств. При этом по Ленинскому лесхозу параметры экологической ниши для сельскохозяйственных культур наиболее благоприятны с наветренной, а по Сальской даче — с подветренной стороны лесной экосистемы. Это объясняется существенным микроклиматическим влиянием Азовского моря. В результате в районе усиленного снегопереноса массив Ленинского лесхоза, расположенный поперек преимущественного направления метелистых ветров, способствует повышенному накоплению снега на полях колхоза им. Ленина (наветренная сторона) по сравнению с полями колхоза «Рассвет» Азовского района (подветренная сторона). Мелиоративное воздействие Сальской дачи аналогично эффекту лесных полос.

Экосистема Донского лесхоза создана в расчлененном оврагами и балками районе (бассейн р. Кундрючья и Грушевка). Параметры экологической ниши лесной экосистемы здесь значительно корректируются крутизной и экспозицией склонов. При этом наиболее благоприятные условия для зерновых колосовых культур в исследуемый период сложились с подветренной, а для пропашных — с наветренной стороны лесхоза (табл. 2).

Модели, приведенные в табл. 2, проверяли по данным фактической урожайности сельскохозяйственных культур в 1986 и 1987 гг. Получено удовлетворительное совпадение результатов фактической и теоретической (рассчитанной по моделям табл. 2) урожайности сельскохозяйственных культур.

Таким образом, повышение продуктивности агроландшафтов лесомелиорированных водосборов обеспечивают экологические ниши искусственных степных лесов, соответствующие экологическим оптимумам основных сельскохозяйственных культур. Свидетельством образования таких ниш являются математико-статистические модели связи урожайности сельскохозяйственных культур на территории хозяйств, занимающих площади водосборов с наветренной и подветренной сторон лесных массивов.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Агроэкономическая эффективность защитных лесных насаждений / В. М. Трибунская, Н. Ф. Костина, Л. Б. Щербакова, Н. В. Астафьева. — М.: Лесн. пром-сть, 1974. — 112 с. [2]. Ивонин В. М. Теория агролесомелиорации водосборов // Лесо-мелиорация склонов: Сб. науч. тр. / ВНИАЛМИ. — Волгоград, 1985. — Вып. 3(86). — С. 14—28. [3]. Ивонин В. М. Методические указания для выполнения дипломных работ по природоохранной тематике с использованием ЭВМ «Электроника ДЗ-28» и программы на языке Бэйсик. — Новочеркасск: НИМИ, 1987. — 30 с. [4]. Константинов А. С., Струзер Л. Р. Лесные полосы и урожай. — Л.: Гидрометеониздат, 1974. — 214 с. [5]. Митрюшкин К. П., Павловский Е. С. Лес и поле. — М.: Колос, 1979. — 279 с.

УДК 630\*861

### ВЛИЯНИЕ ВИДА КОАГУЛЯНТА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОЧИСТКИ ЛИГНОСОДЕРЖАЩИХ СТОЧНЫХ ВОД СУЛЬФАТ-ЦЕЛЛЮЛОЗНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Ю. Г. ХАБАРОВ, С. Б. ПАЛЬМОВА, Е. Д. ГЕЛЬФАНД

Архангельский лесотехнический институт

При коагуляционной очистке сточных вод предложено использовать неорганические реагенты, такие как  $\text{FeCl}_3$ ,  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ,  $\text{CaO}$  и  $\text{FeSO}_4$ . В литературе [2] приведены оптимальные величины рН и расходы этих реагентов, при которых достигается максимальный эффект очистки. Оптимальная величина рН для хлорного железа находится в пределах 5,0—6,0, сернокислого алюминия 4,7—6,3, оксида кальция 11,4—11,8.

Для оценки влияния этих коагулянтов при очистке сточных вод сульфат-целлюлозного производства с помощью фильтрования их через слой гидролизного лигнина нами проведены опыты по обработке модельной сточной воды, характеристика которой дана в работе [1]. Обработку сточной воды коагулянтами проводили при температуре 70 °С. Предварительно воду обрабатывали серной кислотой, для того чтобы получить оптимальное значение рН, затем добавляли раствор коагулянта, и сточную воду фильтровали в условиях [1]. Величины рН сточной воды и расходы реагентов приведены в таблице. Результаты представлены на рис. 1 и 2.

Из рис. 1 видно, что наиболее эффективный коагулянт — хлорное железо. Особенно значительно снижается содержание эфирорастворимых веществ и сухого остатка, а также цветность воды. При очистке сточной воды по остальным показателям близким по эффективности к хлорному железу оказался сернокислый алюминий. Эф-

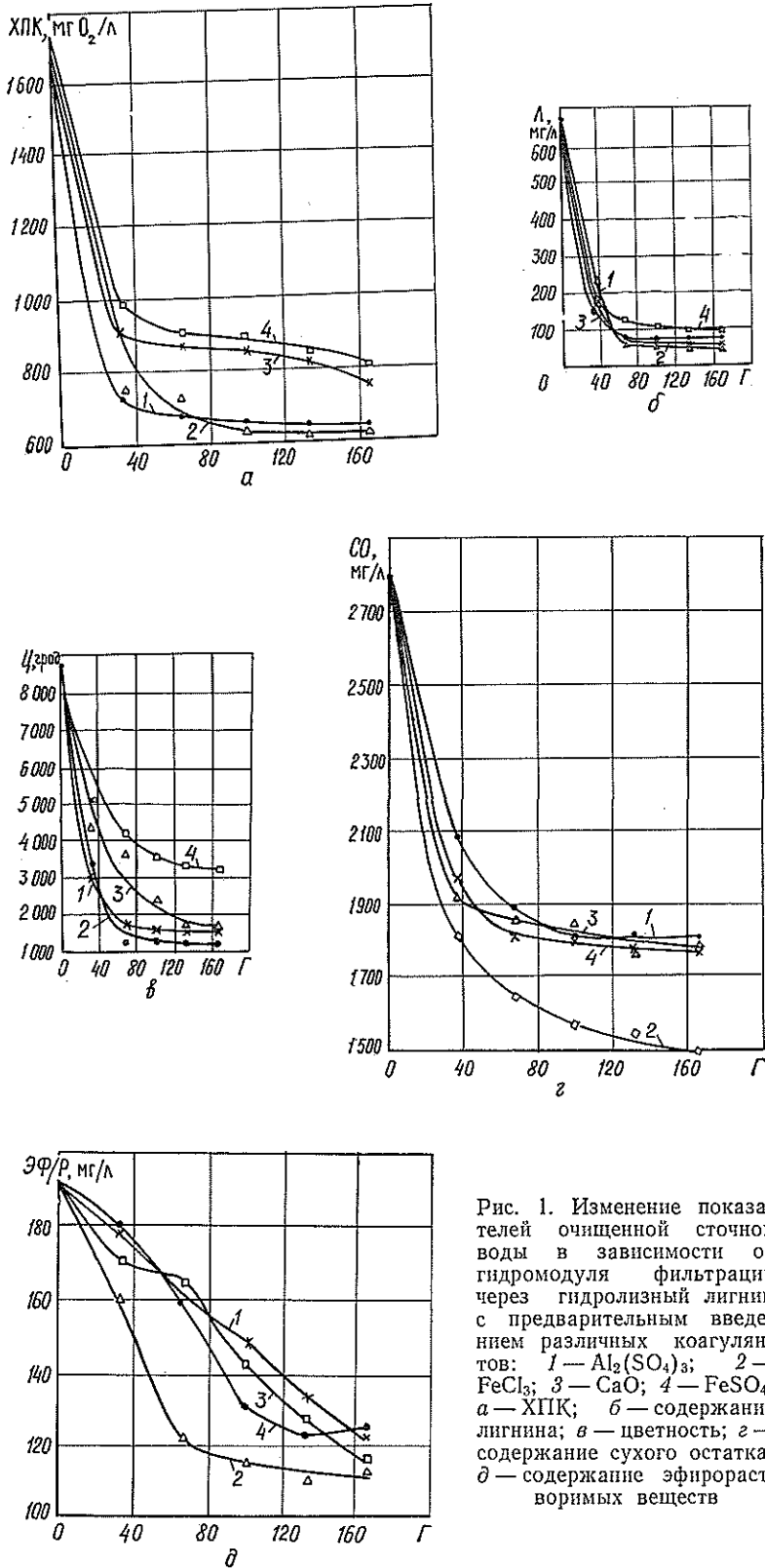


Рис. 1. Изменение показателей очищенной сточной воды в зависимости от гидромодуля фильтрации через гидролизный лигнин с предварительным введением различных коагулянтов: 1 —  $Al_2(SO_4)_3$ ; 2 —  $FeCl_3$ ; 3 —  $CaO$ ; 4 —  $FeSO_4$ ; а — ХПК; б — содержание лигнина; в — цветность; г — содержание сухого остатка; д — содержание эфирорастворимых веществ

Реагент	Оптимальная величина pH	Расход реагента, г/л
$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	5,0	0,50
$\text{FeCl}_3$	5,0	0,56
$\text{CaO}$	11,6	2,00
$\text{FeSO}_4$	5,5	0,50
$\text{H}_2\text{SO}_4$	4,0	0,68

Примечание. При использовании  $\text{CaO}$  предварительного подкисления сточной воды не проводили.

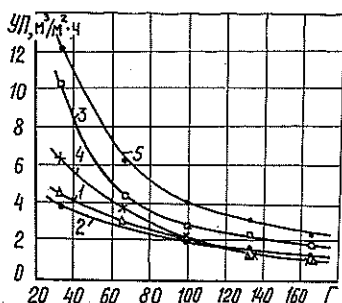


Рис. 2. Изменение удельной производительности (УП) фильтрации сточной воды в зависимости от гидромодуля при использовании различных коагулянтов: 1 —  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ; 2 —  $\text{FeCl}_3$ ; 3 —  $\text{CaO}$ ; 4 —  $\text{FeSO}_4$ ; 5 —  $\text{H}_2\text{SO}_4$

эффективность удаления сульфатного лигнина для всех использованных коагулянтов оказалась примерно одинаковой.

Сравнение приведенных в этом сообщении результатов с данными, полученными нами в работе [1], показало примерно одинаковую эффективность как хлорного железа, так и серной кислоты. Однако фильтруемость сточной воды, обработанной хлорным железом, значительно хуже, чем при использовании серной кислоты (рис. 2).

Приведенные результаты показали, что при очистке лигнинсодержащих сточных вод по предлагаемой технологии использование опробованных коагулянтов, по сравнению с серной кислотой, не дало каких-либо существенных преимуществ.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Гельфанд Е. Д., Пальмова С. Б., Хабаров Ю. Г. Влияние pH среды при коагуляционной очистке лигнинсодержащих сточных вод сульфат-целлюлозного производства // Лесн. журн.— 1989.— № 1.— С. 81—83.— (Изв. высш. учеб. заведений). [2]. Ломова М. А. Методы физико-химической очистки сточных вод ЦБП // Сб. тр. / ВНИИВ.— 1972.— Вып. 60.— С. 150—159.

УДК 547.458.81

**НОВЫЙ РАСТВОРИТЕЛЬ ДЛЯ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ***Е. Д. ГЕЛЬФАНД*

Архангельский лесотехнический институт

Известно, что минеральные кислоты — наиболее доступные растворители целлюлозы. Особенно энергично целлюлоза растворяется в сверхконцентрированной соляной кислоте (содержание  $\text{HCl} \sim 41 \dots 42 \%$ ): будучи введенной в кислоту, она растворяется в ней подобно сахару в воде.

Однако в повседневной практике неудобно пользоваться сверхконцентрированной соляной кислотой из-за ее неустойчивости при хранении (постоянно выделяется газообразный  $\text{HCl}$ , концентрация понижается, а вместе с ней ухудшается — вплоть до полной потери — и растворяющая способность кислоты).

Нами установлено, что на основе обычной (не сверхконцентрированной) соляной кислоты, содержащей около 35 %  $\text{HCl}$ , легко приготовить растворитель для целлюлозы, не уступающий по свойствам сверхконцентрированной соляной кислоте. Этот растворитель можно получить путем добавления в обычную соляную кислоту концентрированной серной кислоты (примерно 93 %-й) в количестве от 8 до 20 объемов на 100 объемов соляной кислоты.

Полагаем, что установленный нами эффект может оказаться полезным для специалистов в области химии и физики целлюлозы и целлюлозосодержащих материалов, в частности, при разработке методик анализа технических целлюлоз.

---

## ЮБИЛЕИ

## ПРОФЕССОРУ Д. М. ФЛЯТЕ

## 80 ЛЕТ

7 февраля 1990 г. исполняется 80 лет со дня рождения доктора технических наук, профессора кафедры целлюлозно-бумажного производства Ленинградской лесотехнической академии Давида Моисеевича Фляте.

Д. М. Фляте родился в 1910 г. в Варшаве. В 1932 г. он окончил Ленинградский технологический институт, где занимался у профессора С. А. Фотнева. С 1932 по 1960 гг. работал в лаборатории бумаги Всесоюзного научно-исследовательского института целлюлозно-бумажной промышленности (ныне ВНИОБумпром), с 1945 г.— в качестве заведующего лабораторией. С 1960 г. Давид Моисеевич начал свою педагогическую деятельность, сначала доцентом Всесоюзного лесотехнического заочного института, а после слияния этого института с Лесотехнической академией в 1965 г. перешел на кафедру целлюлозно-бумажного производства на должность доцента, а после успешной защиты в том же 1965 г. докторской диссертации — на должность профессора.

В Лесотехнической академии профессор Д. М. Фляте зарекомендовал себя как прекрасный, высокоэрудированный лектор и внимательный педагог, пользующийся глубоким уважением и искренней любовью со стороны студентов, и как неутомимый ученый-исследователь, систематически ведущий обширную научную работу. Его многочисленные труды в области свойств и технологии бумаги хорошо известны всем специалистам как в СССР, так и за границей.

На основе результатов научных исследований Д. М. Фляте и под его непосредственным руководством практически освоено производство многих, ранее не выпускавшихся в стране видов бумаги: высокопрозрачных, для автоматов пищевой промышленности, влагопрочных, реставрационных, некоторых видов длинноволокнистых и др. С особым успехом Д. М. Фляте ведет работу и научные исследования в области свойств долговечных видов бумаги; им разработан ряд новых рецептур и методов реставрации книжных и документных бумаг. За долговременную совместную работу с лабораторией консервации и реставрации документов АН СССР и редактирование трудов этой лаборатории Д. М. Фляте удостоен благодарности Президиума АН СССР.

Профессор Д. М. Фляте имеет на своем счету более 400 печатных научных работ, в том числе капитальный труд объемом 50 печ. листов «Свойства бумаги», вышедший тремя изданиями в 1970, 1976 и 1986 гг. и переведенный на венгерский язык. В этой книге впервые в мировой технической литературе обобщен огромный научный и фактический материал о влиянии технологических факторов бумажного производства на свойства разнообразных видов бумаги в соответствии с их потребительским назначением. За прошедшие годы труд Д. М. Фляте стал настольной книгой каждого специалиста и способствует повышению теоретических знаний в области бумажного производства, а студентам он помог понять свойства бумаги как капиллярно-пористого коллоидного материала с упруго-пластическими качествами.

В 1988 г. Д. М. Фляте выпустил для студентов стандартный новый учебник «Технология бумаги», в котором в более сжатой форме, но на высоком теоретическом уровне изложены основы всех технологических процессов бумажного производства: размола бумажной массы, проклейки, наполнения, окраски, отлива, прессования, сушки и отделки бумаги. Эта книга уже взята на вооружение и одобрена советским студенчеством.

Профессор Д. М. Фляте все эти годы чрезвычайно плодотворно работал в области подготовки высококвалифицированных научных кадров. С 1967 по 1989 гг. около 50 руководимых им аспирантов и соискателей с успехом защитили диссертации на ученую степень кандидата технических наук. Ученики Давида Моисеевича трудятся в вузах, в научно-исследовательских институтах и на предприятиях целлюлозно-бумажной промышленности как в Советском Союзе, так и в ряде других социалистических и развивающихся стран. И каждый из них оставил в своем сердце добрую память о внимательном и заботливом учителе, помогавшем им делать первые шаги в науке о бумаге.

Давид Моисеевич Фляте был активным участником Великой Отечественной войны. В рядах Советской Армии с 1941 по 1945 гг. он прошел долгий и тяжелый ратный путь: воевал на Карельском фронте, затем на 3-м Украинском и закончил войну в дни



Победы. Награжден орденами Отечественной войны, Красной Звезды и многими боевыми медалями.

Свой 80-летний юбилей Д. М. Фляте встречает полным бодрости и новых творческих замыслов. От души желаем Давиду Моисеевичу неизменно бодрого здоровья и нового прилива энергии и сил для плодотворного продолжения его благородной научной и общественной деятельности еще на многие годы.

Коллектив кафедры ЦБП  
Ленинградской лесотехнической академии

## ЮБИЛЕЙ АКАДЕМИКА ВАСХНИЛ НИКОЛАЯ АЛЕКСАНДРОВИЧА МОИСЕЕВА

13 декабря 1989 г. исполнилось 60 лет со дня рождения и 35 лет научно-производственной деятельности Николая Александровича Моисеева — генерального директора отраслевого научного комплекса по агролесомелiorации и лесоводству при ВАСХНИЛ, директора Всесоюзного ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательского института лесоводства и механизации лесного хозяйства (ВНИИЛМ), академика ВАСХНИЛ, профессора, доктора сельскохозяйственных наук.

Имя Н. А. Моисеева широко известно среди ученых и специалистов лесного хозяйства в нашей стране и за рубежом. Его основные научные работы посвящены лесосустройству и экономике лесного хозяйства. Им принципиально по-новому обоснован механизм расширенного воспроизводства лесных ресурсов с учетом долгосрочной специфики лесовыращивания, дано углубленное теоретическое развитие основополагающего для лесного хозяйства принципа непрерывного и неистощительного пользования лесом, разработана новая методика расчета пользования лесом в увязке с экономическим обоснованием долгосрочных программ по воспроизводству лесных ресурсов.

Теория воспроизводства лесных ресурсов Н. А. Моисеева является методологической основой для решения ряда других важных вопросов экономики лесного хозяйства, прежде всего, для разработки эффективного хозяйственного механизма управления воспроизводством лесных ресурсов.

Н. А. Моисеев — автор 130 научных работ. Им в соавторстве изданы учебники для студентов высших учебных заведений «Лесосустройство» и «Экономика лесного хозяйства». Он постоянно сочетает труд исследователя и организатора научных исследований. Был директором Архангельского института леса и лесохимии, начальником Управления науки, внедрения передового опыта и внешних сношений Гослесхоза СССР, членом коллегии, с 1977 г. работает директором ВНИИЛМ, одновременно являясь с 1988 г. генеральным директором отраслевого научного комплекса по агролесомелiorации и лесоводству при ВАСХНИЛ, организованного на базе головного института.

Научные работы Н. А. Моисеева отмечены за рубежом. Об этом свидетельствует избрание его почетным членом Финского научного лесного общества, почетным доктором лесного хозяйства Дрезденского технического университета и членом-корреспондентом Итальянской академии лесных наук. На XVI и XVII международных конгрессах Международного союза лесных исследовательских организаций (ИЮФРО) избирался членом исполкома этой организации.

Н. А. Моисеев награжден орденом Трудового Красного Знамени, медалями, ему присвоено почетное звание заслуженного лесоведа РСФСР.

Ученые и специалисты лесного хозяйства желают Н. А. Моисееву новых открытий и дальнейших успехов в его творческой и общественной деятельности.

Коллектив ВНИИЛМ

## ЮБИЛЕЙ ПРОФЕССОРА Ю. Г. БУТКО

11 апреля 1990 г. исполняется 70 лет Юрию Григорьевичу Бутко — профессору, доктору технических наук, крупному ученому в области технологии целлюлозы, заведующему кафедрой технологии целлюлозы Ленинградского технологического института целлюлозно-бумажной промышленности (ЛТИ ЦБП).

Ю. Г. Бутко прошел большой жизненный путь. Участник Великой Отечественной войны. В 1947 г. он окончил Ленинградскую лесотехническую академию, работал мастером и начальником цеха на Светогорском ЦБК. С 1948 г. по настоящее время Юрий Григорьевич работает в ЛТИ ЦБП. В 1952 г. он защитил кандидатскую, а в 1975 г. — докторскую диссертацию. За годы своей преподавательской деятельности Ю. Г. Бутко подготовил сотни инженеров. Среди его учеников несколько докторов и десятки кандидатов науки. Ю. Г. Бутко внес большой вклад в развитие технологии целлюлозы. За 40 лет научной деятельности им опубликовано более 200 трудов.

В настоящее время на кафедре технологии целлюлозы под руководством Ю. Г. Бутко проводятся исследования по совершенствованию производства различных видов волокнистых полуфабрикатов.

Большое внимание Юрий Григорьевич уделяет научно-организационной работе. Он является членом научно-технических советов Минлесбумпрома и ВНПОбумпрома, научного Совета АН СССР по проблеме «Химия древесины и ее основных компонентов», председателем секции целлюлозы Ленинградского областного правления НТО бумажной и деревообрабатывающей промышленности, членом редакционной коллегии «Лесного журнала».

Свою научную и педагогическую деятельность Ю. Г. Бутко сочетает с большой общественной работой. Более 25 лет он является членом партбюро института и факультета, несколько лет был секретарем партийного бюро института.

Желаем юбиляру крепкого здоровья, новых успехов в его научной, педагогической и общественной деятельности!

Ректорат и общественные организации  
Ленинградского технологического института ЦБП

## АНАТОЛИЙ ДАВЫДОВИЧ ЯНУШКО

(к 60-летию со дня рождения)

16 января 1990 г. исполнилось 60 лет со дня рождения и 40 лет производственной, научно-педагогической и общественной деятельности заведующего кафедрой экономики и организации производства Белорусского технологического института им. С. М. Кирова профессора Анатолия Давыдовича Янушко.

35 лет А. Д. Янушко трудится в институте. За этот период он прошел путь от ассистента кафедры до ее профессора и заведующего, почти 17 лет был проректором по научно-исследовательской работе.

Профессор А. Д. Янушко — известный в стране специалист в области экономики и организации лесного хозяйства. Его перу принадлежит более 250 научных трудов, в числе которых ряд монографий и брошюр. Им разработаны научные основы и методика кадастровой оценки лесных земель, концепция перевода на полный хозрасчет лесохозяйственного производства, естественно-экономическая классификация лесных ресурсов, оптимальная породная структура лесов Белоруссии. Важное место в его исследованиях занимают вопросы теории и практики экономической эффективности лесохозяйственного производства, рационального использования лесных ресурсов и др.

А. Д. Янушко — автор и соавтор учебников для вузов по экономике лесного хозяйства, организации, планированию и управлению производством, которые выдержали по 2—3 издания. Он внес существенный вклад в методическое обеспечение экономического образования в вузах, в подготовку типовых учебных программ.

Анатолий Давыдович — хороший педагог и умелый воспитатель. Среди его учеников сотни инженеров лесного хозяйства, 9 кандидатов наук.

А. Д. Янушко принимает активное участие в общественной жизни: он главный редактор межведомственного научно-технического сборника «Лесоведение и лесное хозяйство», член секции Научно-технического совета Госкомлеса СССР, член Научно-методического совета по экономическому образованию Государственного комитета СССР по народному образованию, заместитель председателя лесной секции Западного регионального центра ВАСХНИЛ, член ряда других научных и специализированных советов.

За активную работу по подготовке высококвалифицированных специалистов для народного хозяйства и успехи в научно-исследовательской работе проф. А. Д. Янушко награжден орденом «Знак Почета», медалями, почетными грамотами Минвуза СССР, НТО СССР, Центрального совета ВОИР и др. Ему присвоено почетное звание заслуженного работника высшей школы БССР.

Желаем Анатолию Давыдовичу доброго здоровья, больших творческих успехов на ниве лесной науки и высшего лесотехнического образования.

Коллектив кафедры экономики и организации  
производства Белорусского технологического  
института

## СОДЕРЖАНИЕ

### ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

<i>В. А. Бугаев.</i> Природоохранные мероприятия в лесоустроительном проекте . . .	3
<i>Н. А. Луганский, В. А. Калинин.</i> Влияние атмосферных промышленных загрязнений на семеношение и качество семян сосны . . . . .	7
<i>А. Д. Моисеев, С. Д. Писарева.</i> Распространение соснового подкорного клопа в культурах сосны, испытывающих воздействие промышленных выбросов . . . . .	10
<i>П. М. Матвеев, В. А. Усольцев.</i> Экология и моделирование послепожарного отпада и возобновления лиственницы на многолетней мерзлоте . . . . .	14
<i>В. А. Якимчук, В. В. Гончаров.</i> Обоснование рационального типа рабочего органа для лесомелноративного каналакопателя . . . . .	21
<i>П. А. Соколов.</i> Целевое использование липняков . . . . .	26

### ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

<i>А. В. Жуков, О. В. Петрович, А. И. Кирильчик.</i> Методика оценки кинематических параметров тросовой системы управления лесовозного автопоезда . . . . .	29
<i>З. Я. Есафова, В. Д. Есафов.</i> Обоснование оптимальной кинематической схемы круглопильных станков циклического действия для продольной распиловки . . . . .	34
<i>В. С. Морозов.</i> Об оценке напряженного состояния оснований зимних дорог на болотах . . . . .	37
<i>А. М. Кочнев, В. Д. Валяжонков, Д. В. Памфилов.</i> Исследование упругодемпфирующих свойств гидропривода механизма складывания трелевочных тракторов . . . . .	43
<i>Э. А. Келлер.</i> Параметрическая оптимизация системы привода бензиномоторных пил . . . . .	49
<i>В. Я. Харитонов.</i> Гидродинамика поперечного перемещения бревен по воде стойками . . . . .	52

### МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

<i>И. С. Винтонив.</i> Зависимость физико-механических свойств древесины явора от ее влажности . . . . .	56
<i>О. И. Полуобяринов, И. В. Назаров, Т. А. Макарьева.</i> Физические свойства древесины березовых капов . . . . .	59
<i>Н. И. Ковзун.</i> Метод определения частоты остановок лесопильной рамы для перенастройки пил постава на заданную толщину пиломатериалов . . . . .	62
<i>Д. Д. Мацкевич, Л. Р. Котелович.</i> Рациональные параметры центробежного стружечного станка для переработки крупной фракции щепы в ЦБП . . . . .	66
<i>Е. М. Штейн, В. Н. Ерохин.</i> К расчету технологической производительности корообдирочных барабанов . . . . .	72
<i>А. Н. Васильев, А. Г. Балакин.</i> Расчет циклонов с безотрывным пограничным слоем . . . . .	74
<i>П. Ф. Тюриков, А. В. Дементьев.</i> Система автоматического учета массового расхода технологической щепы на пневмотранспорте . . . . .	78

### ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

<i>Б. П. Ерыхов, М. Г. Крымер, А. С. Головков, А. В. Морев, М. А. Пилия.</i> Особенности структуры и свойств электропроводных покрытий электрографической бумаги, наполненных гидрофилизированными наполнителями . . . . .	83
<i>Р. Е. Смирнов, Ю. Г. Бутко, С. А. Вакуленко, В. С. Рожненко, С. В. Солодова.</i> Сульфитно-фосфорнокислая варка целлюлозы . . . . .	86

<i>В. В. Некрасов, А. В. Фесенко, О. М. Соколов.</i> О сольватации лигносульфонатов в водных растворах . . . . .	90
<i>А. В. Бывшев, Н. М. Мельничук, Е. Е. Савицкий, В. В. Левишина.</i> Влияние скручивания на физико-механические свойства единичных целлюлозных волокон . . . . .	92
<i>И. А. Гамова, Н. С. Тиме, Л. И. Лихачева, А. А. Эльберт.</i> Композиционное карбамидофенольное связующее для древесностружечных плит пониженной токсичности . . . . .	95
<i>И. П. Дайнеко, Н. Г. Костюкевич, Н. Ф. Измайлова.</i> Свойства кислородно-уксуснокислой целлюлозы . . . . .	100

### ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

<i>Б. Н. Желиба.</i> Взаимозамещаемость ресурсов при интенсификации лесного хозяйства . . . . .	104
<i>Н. В. Мурашкин.</i> Комплексная оценка экономического ущерба от простоев техники на предприятиях лесной промышленности . . . . .	109
<i>А. В. Пластинин, Ю. Ф. Воронцов.</i> Новые данные о взаимозаменимости труда и основных производственных фондов . . . . .	113
<i>И. М. Сиякевич.</i> Теоретические предпосылки усиления экологической направленности хозяйственного механизма . . . . .	116
<i>Н. П. Чупров, Т. П. Ярунова.</i> Исследование уровня интенсивности лесного хозяйства Европейского Севера . . . . .	119

### КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

<i>А. П. Андрущенко.</i> Опад и прирост в средневозрастном сосновом насаждении свежей субори после изреживания . . . . .	127
<i>В. М. Ивонин, В. В. Засоба.</i> Влияние искусственных насаждений на урожайность сельскохозяйственных культур . . . . .	129
<i>Ю. Г. Хабаров, С. Б. Пальмова, Е. Д. Гельфанд.</i> Влияние вида коагулянта на эффективность очистки лигносодержащих сточных вод сульфат-целлюлозного производства . . . . .	132
<i>Е. Д. Гельфанд.</i> Новый растворитель для целлюлозы . . . . .	135

### ЮБИЛЕИ

<i>Коллектив кафедры ЦБП Ленинградской лесотехнической академии.</i> Профессору Д. М. Фляте 80 лет . . . . .	136
<i>Коллектив ВНИИЛМ.</i> Юбилей академика ВАСХНИЛ Николая Александровича Монсеева . . . . .	137
<i>Ректорат и общественные организации Ленинградского технологического института ЦБП.</i> Юбилей профессора Ю. Г. Бутко . . . . .	137
<i>Коллектив кафедры экономики и организации производства Белорусского технологического института.</i> Анатолий Давыдович Янушко (к 60-летию со дня рождения) . . . . .	138
Рефераты . . . . .	143

---

## CONTENTS

### FORESTRY

	3
V. A. Bugaev. Natural Protecting Measures in Forest Management Project . . .	
N. A. Lugansky, V. A. Kalinin. Influence of Industrial Pollution of Atmosphere on Fructification and Quality of Pine Seeds . . . . .	7
A. D. Moiseev, S. D. Pisareva. Occurrence of Pine Bark Bug in Pine Cultures Subjected to Exposure of Industrial Effluents . . . . .	10
P. M. Matveev, V. A. Usoltsev. Ecology and Modelling Post-Fire Larch Fall and Regeneration on Long Permafrost . . . . .	14
B. A. Yakimchuk, V. V. Goncharov. Substantiation of the Rational Type of the Working Organ for the Forest Melioration Pitcher . . . . .	21
P. A. Sokolov. End Use of Lime-Tree Forests . . . . .	26

### FOREST EXPLOITATION

A. V. Zhukov, O. V. Petrovich, A. I. Kirilchik. Evaluation Method of Kinematic Parameters of Cable Steering System of Logging Truck Train . . .	29
Z. Yu. Esafova, V. D. Esafov. Feasibility Study of Optimal Kinematic Scheme of Circular Cycle Saws for Ripping . . . . .	34
V. S. Morozov. On Problem of Assessment of Base Strained Condition of Ice Roads on Swampy Soils . . . . .	37
A. M. Kochnev, V. D. Valyazhonkov, D. V. Pamfilov. Investigation of Elastic-Damping Properties of Skidders' Hydrodrive Tapering Mechanism . . .	43
E. A. Keller. Parameter Optimization of Petrol Motor-Powered Saws' Drive System . . . . .	49
V. Ya. Haritonov. Hydrodynamics of Log Cross Transport Poling by Water . . .	52

### MECHANICAL TECHNOLOGY OF WOOD AND WOOD SCIENCE

I. S. Vintoniv. Dependence of Physico-Mechanical Properties of Sycamore Wood on its Moisture . . . . .	56
O. I. Poluboyarinov, I. V. Nazarov, T. A. Makarieva. Physical Wood Properties of Birch Spunks . . . . .	59
N. I. Kovzun. Frequency Determination Method of Log Frame Stops for Blade Frame Saw Readjusting on Required Lumber Thickness . . . . .	62
D. D. Matskevich, L. R. Kotelovich. Rational Parameters of Centrifugal Shaving Machine for Coarse Chip Fraction Processing . . . . .	66
E. M. Shtein, V. N. Erokhin. On Output Calculation of Barking Drums . . . .	72
A. N. Vasiliev, A. G. Balakin. Calculation of Continuous Edge Layer Cyclones . . . . .	74
P. F. Tyurikov, A. V. Dementiev. Automatic Accounting System of Mass expense of Technological Chip . . . . .	78

### CHEMICAL WOODWORKING

B. P. Erykhov, M. G. Krymer, A. S. Golovkov, A. V. Morev, M. A. Piliya. Characteristic Features of Structure and Properties of Conductive Hydrophil-Filled Coatings of Electrographic Paper . . . . .	83
R. E. Smirnov, Yu. G. Butko, S. A. Vakulenko, V. S. Rozhnenko, S. V. Solodova. Sulfite-Phosphate Pulping . . . . .	86
V. V. Nekrasov, A. V. Fesenko, O. M. Sokolov. On Solvation of Lignosulphonates in Aqueous Solutions . . . . .	90

<i>A. V. Byushev, N. M. Melnichuk, E. E. Savitsky, V. V. Levshina.</i> Influence of Fiber Curl on its Mechanical Properties . . . . .	92
<i>I. A. Gamova, N. S. Teeme, L. I. Likhacheva, A. A. Elbert.</i> Composite Urea—Phenol Binder for Low-Formaldehyde-Emission Particleboards . . . . .	95
<i>I. P. Deineko, N. G. Kostyukevich, N. F. Izmailova.</i> Oxygen-Acetate Pulp Properties . . . . .	100

#### ECONOMICS AND MANAGEMENT

<i>B. N. Zheliba.</i> Interchangeability of Resources under Conditions of Forestry Intensification . . . . .	104
<i>N. V. Mukashkin.</i> Comprehensive Evaluation of Economic Loss from Machinery Down Time at Forest Industrial Enterprises . . . . .	109
<i>A. V. Plastinin, Yu. F. Vorontsov.</i> New Information on Labour Interchangeability and Main Production Funds . . . . .	113
<i>I. M. Sinyakevich.</i> Theoretical Premises of Ecological Trend Intensification of Forest Management . . . . .	116
<i>N. P. Chuprov, T. P. Yarunova.</i> Research into Forestry Intensity Level in the European North . . . . .	119

#### SUMMERIES AND EXCHANGE OF EXPERIENCE

<i>A. P. Andruschenko.</i> Fall and Increment in Average Age Pine Crop of Fresh Subor after Thinning . . . . .	127
<i>V. M. Ivonin, V. V. Zasoba.</i> Influence of Artificial Planting on Agriculture Crop Harvesting . . . . .	129
<i>Yu. G. Khabarov, S. B. Palmova, E. D. Gelfand.</i> Influence of Coagulant Type on Efficiency of Lignin Sulphate Pulping Effluents' Treatment . . . . .	132
<i>E. D. Gelfand.</i> New Dissolver for Cellulose . . . . .	135

#### JUBILEES

<i>Staff of Pulp-and-Paper Department of Leningrad Timber Engineering Academy.</i> Prof. D. M. Flyate — 80 Years Old . . . . .	136
<i>Staff of VNIILM.</i> N. A. Moiseev's Jubilee . . . . .	137
<i>Institute Administration and Social Organizations Leningrad Technological Institute Pulp-and-Paper.</i> Jubilee prof. Yu. G. Butko . . . . .	137
<i>Staff of Economics and Management Department of Belorussian Technological Institute.</i> A. D. Yanushko (To the 60 <sup>th</sup> Birthday) . . . . .	138
Précis . . . . .	143

## РЕФЕРАТЫ

УДК 630\*61

**Природоохранные мероприятия в лесоустроительном проекте.** БУГАЕВ В. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 1, с. 3—7.

Предложено природоохранные мероприятия при лесоустройстве проектировать в комплексе с работами по лесопользованию, воспроизводству и выращиванию леса. Высказано соображение об установлении допустимых экологических пределов, свыше которых данное мероприятие не должно предусматриваться. Библиогр. список: 10 назв.

УДК 630\*232:630\*907.12

**Влияние атмосферных промышленных загрязнений на семеношение и качество семян сосны.** ЛУГАНСКИЙ Н. А., КАЛИНИН В. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 1, с. 7—10.

Приведены данные по оценке семеношения 40-летних искусственных насаждений сосны обыкновенной, в различной степени подверженных воздействию атмосферных промышленных загрязнений. Определены морфометрические показатели шишек, число семян в одной шишке, выход семян и их посевные качества. Сделано заключение о высокой уязвимости генеративных органов сосны и нецелесообразности хозяйственного сбора шишек в насаждениях, подверженных воздействию атмосферных промышленных загрязнений. Табл. 2. Библиогр. список: 10 назв.

УДК 630\*453:630\*425

**Распространение соснового подкорного клопа в культурах сосны, испытывающих воздействие промышленных выбросов.** МОИСЕЕВ А. Д., ПИСАРЕВА С. Д. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 1, с. 10—14.

Изучены особенности экологии и численности подкорного соснового клопа в загазованных сосновых молодняках. Проанализирована связь изменения численности подкорного клопа с состоянием культур сосны и смолывыделительной способностью деревьев в зонах техногенного воздействия. Обнаружена корреляция экологической плотности клопа на деревьях разного состояния с содержанием сахаров в дубяных тканях. Табл. 4. Библиогр. список: 14 назв.

УДК 630\*181.43.001.57

**Экология и моделирование послепожарного отпада и возобновления лиственницы на многолетней мерзлоте.** МАТВЕЕВ П. М., УСОЛЬЦЕВ В. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 1, с. 14—21.

Построена многомерная регрессионная модель послепожарного отпада лиственницы по четырём факторам (группа типов леса, интенсивность пожара, мерзлотный пояс и средний диаметр древостоя) и такие же модели послепожарного возобновления для каждого из трёх мерзлотных поясов по первым двум факторам. Ил. 3. Табл. 2. Библиогр. список: 9 назв.

УДК 631.311.51

**Обоснование рационального типа рабочего органа для лесомелиоративного каналокопателя.** ЯКИМЧУК В. А., ГОНЧАРОВ В. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 1, с. 21—25.

Приведен анализ энергоёмкости фрезерования грунта двухфрезерными рабочими органами с плоскими и объёмными фрезами, который позволяет обосновать рациональный тип рабочего органа для лесоболотных условий. Ил. 2. Табл. 1. Библиогр. список: 4 назв.

УДК 630\*5:630\*2

**Целевое использование липняков.** СОКОЛОВ П. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 1, с. 26—28.

Приведены условия формирования оптимальных древостоев липы двух хозяйственных секций: нектарной и товарной. В качестве примера дана модель древостоя оптимальной полноты для получения максимального количества продуктов пчеловодства. Табл. 1. Библиогр. список: 3 назв.

УДК 629.114.3:531.1

**Методика оценки кинематических параметров тросовой системы управления лесовозного автопоезда.** ЖУКОВ А. В., ПЕТРОВИЧ О. В., КИРИЛЬЧИК А. И. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 1, с. 29—34.

Исследована работа системы управления лесовозного автопоезда при движении на различных участках криволинейной траектории. Даны критерии, позволяющие оценить кинематические свойства крестообразной сцепки при различных кинематических параметрах. Ил. 4. Библиогр. список: 5 назв.

УДК 630\*323.4.002.5

**Обоснование оптимальной кинематической схемы круглопильных станков циклического действия для продольной распиловки.** ЕСАФОВА З. Я., ЕСАФОВ В. Д. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 1, с. 34—37.

Представлены аналитические исследования по выбору оптимальной схемы круглопильных станков циклического действия в режиме постоянного усилия надвигания. Ил. 2. Библиогр. список: 2 назв.

УДК 625.731.001.14

**Об оценке напряженного состояния оснований зимних дорог на болотах.** МОРОЗОВ В. С. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 1, с. 37—43.

Рассмотрена методика, позволяющая качественно оценить распределение напряжений в основании зимних лесовозных автодорог различных конструкций на болоте. Исследована закономерность изменений нормальных напряжений. Ил. 4. Табл. 2. Библиогр. список: 5 назв.

УДК 630\*377.44.001.4/5

**Исследование упругодемпфирующих свойств гидропривода механизма складывания трехвальных тракторов.** КОЧНЕВ А. М., ВАЛЯЖОНКОВ В. Д., ПАМФИЛОВ Д. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 1, с. 43—48.

Приведена методика и результаты теоретических и экспериментальных исследований упругодемпфирующих свойств гидропривода механизма складывания колесных трехвальных тракторов. Ил. 3. Табл. 1. Библиогр. список: 4 назв.

УДК 630\*36:621.936.6

**Параметрическая оптимизация системы привода бензиномоторных пил.** КЕЛЛЕР Э. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 1, с. 49—52.

Предложена упрощенная пятимассовая расчетная схема системы привода бензопилы МП-5 «Урал-2». Проведена параметрическая оптимизация спектра собственных частот крутильных колебаний. Описана конструкция упругой муфты, исключающей появление резонансов в трансмиссии. Дана методика ее расчета. Ил. 2. Библиогр. список: 4 назв.

УДК 630\*378.7

Гидродинамика поперечного перемещения бревен по воде стойками. ХАРИТОНОВ В. Я. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 1, с. 52—55.

На основании уравнения равновесия сил Архимеда, Жуковского-Кутта и лобового сопротивления, возникающих при поперечном перемещении бревна в воде стойками, получено рабочее уравнение для расчета минимальной осадки стойки, обеспечивающей перемещение бревна без подныривания под нее. Установлена зависимость для расчета предельной скорости перемещения бревна, при которой заталкивающая его сила Жуковского-Кутта становится равной подъемной силе Архимеда. Ил. 1. Библиогр. список: 3 назв.

УДК 674.031.772.224.3

Зависимость физико-механических свойств древесины явора от ее влажности. ВИНТОНОВ И. С. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 1, с. 56—59.

Приведены результаты исследований прочности древесины явора в связи с применением влаги клеточных стенок до предела насыщения в процессе водопоглощения. Ил. 2. Табл. 3. Библиогр. список: 7 назв.

УДК 630\*812

Физические свойства древесины березовых капов. ПОЛУБОЯРИНОВ О. И., НАЗАРОВ И. В., МАКАРЬЕВА Т. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 1, с. 59—62.

Получены данные о плотности, пределе гигроскопичности, усушке, разбухании и звукопроводности каповой древесины в сравнении с обычной древесиной березы. Ил. 1. Табл. 1. Библиогр. список: 8 назв.

УДК 674.053:621.93:674.093.05

Метод определения частоты остановок лесопильной рамы для перенастройки пил постава на заданную толщину пиломатериалов. КОВЗУН Н. И. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 1, с. 62—66.

Установлены зависимости для определения частоты остановок лесопильных рам для перенастройки пил постава на заданную толщину пиломатериалов в зависимости от числа пил в поставе и толщины межпилльной прокладки. Показано практическое применение метода. Ил. 3.

УДК 674.05:621.9

Рациональные параметры центробежного стружечного станка для переработки крупной фракции щепы в ЦБП. МАЦКЕВИЧ Д. Д., КОТЕЛОВИЧ Л. Р. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 1, с. 66—72.

Обоснованы рациональные параметры центробежного стружечного станка для использования его в качестве дезинтегратора крупной фракции щепы. Ил. 2.

УДК 676.051.345.4

К расчету технологической производительности корообдирочных барабанов, ШТЕЙН Е. М., ЕРОХИН В. Н. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 1, с. 72—74.

На основе теоретических исследований процессов кинематики движения и окорки древесины в корообдирочных барабанах получены аналитические зависимости от расчета их технологической производительности. Библиогр. список: 2 назв.

УДК 621.928.3

Расчет циклонов с безотрывным пограничным слоем. ВАСИЛЬЕВ А. Н., БАЛАКИН А. Г. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 1, с. 74—77.

Циклоны с безотрывным пограничным слоем обладают высокой степенью очистки, повышенной энергоемкостью. Геометрические размеры определены на компьютере. Ил. 2. Табл. 2. Библиогр. список: 6 назв.

УДК 62-52:62-493

Система автоматического учета массового расхода технологической щепы на пневмотранспорте. ТЮРИКОВ П. Ф., ДЕМЕНТЬЕВ А. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 1, с. 78—82.

В статье приведены локальная и цеховая системы автоматического учета массового расхода технологической щепы в пневмотранспортных системах. Математически обоснована возможность измерения массового расхода по параметру давления в трубопроводе. Ил. 2. Библиогр. список: 6 назв.

УДК 676.481

Особенности структуры и свойств электропроводных покрытий электрографической бумаги, наполненных гидрофобизованными наполнителями. ЕРЬХОВ Б. П., КРЫМЕР М. Г., ГОЛОВКОВ А. С., МОРЕВ А. В., ПИЛИЯ М. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 1, с. 83—86.

Введение в состав полиэлектродитного покрытия мелкодисперсных наполнителей с гидрофобизованной поверхностью — эффективный метод регулирования структуры и свойств электропроводной бумаги — основы электрографической бумаги. Ил. 3. Табл. 1. Библиогр. список: 4 назв.

УДК 630\*813.13

Сульфитно-фосфорнокислая варка целлюлозы. СМЕРНОВ Р. Е., БУТКО Ю. Г., ВАКУЛЕНКО С. А., РОЖНЕНКО В. С., СОЛОДОВА С. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 1, с. 86—90.

Новый двухступенчатый способ позволяет значительно снизить газосырьевые выбросы  $SO_2$  по сравнению с традиционной сульфитной варкой и одновременно обеспечивает преимущественно выход целлюлозы из древесины, высокие показатели качества полуфабриката и др. Табл. 1. Библиогр. список: 4 назв.

УДК 517.992.3

Сольватации лигносульфонатов в водных растворах. НЕКРАСОВ В. В., ФЕСЕНКО А. В., СОКОЛОВ О. М. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 1, с. 90—92.

Показано, что в изотермических условиях с увеличением массового содержания ЛСТ в растворе степень сольватации убывает по линейному закону. Сопоставлены процессы сольватации сульфатного лигнина в органических растворителях и технических лигносульфонатов в воде. Табл. 1. Библиогр. список: 8 назв.

УДК 676.017:539.412

Влияние скручивания на физико-механические свойства единичных целлюлозных волокон. БЫВШЕВ А. В., МЕЛЬНИЧУК Н. М., САВИЦКИЙ Е. Е., ЛЕВШИНА В. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 1, с. 92—95.

Установлено, что скручивание волокон приводит к снижению их прочности в среднем на 50%. Рассчитаны критические числа скруток, при которых волокна разрываются без растяжения. Ил. 3. Библиогр. список: 6 назв.

УДК 674.815-41

Композиционное карбамидофенольное связующее для древесностружечных плит пониженной токсичности. ГАМОВА И. А., ТИМЕ Н. С., ЛИХАЧЕВА Л. И., ЭЛЬБЕРТ А. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 1, с. 95—99.

Показано, что введение в связующее 20% фенолоспиртов позволяет снизить токсичность древесностружечных плит на 35...40%, а также повысить их стойкость при испытании в условиях ускоренного старения. Табл. 5. Библиогр. список: 9 назв.



УДК 630\*813.13

**Свойства кислородно-уксуснокислой целлюлозы.** ДЕЙНЕКО И. П., КОСТЮКЕВИЧ Н. Г., ИЗМАЙЛОВА Н. Ф. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 1, с. 100—103.

Изучено влияние концентрации уксусной кислоты, температуры и гидромодуля процесса на свойства целлюлозы, полученной делигнификацией древесины ели кислородом в водном растворе уксусной кислоты. Табл. 2. Библиогр. список: 9 назв.

УДК 630\*6

**Взаимозамещаемость ресурсов при интенсификации лесного хозяйства.** ЖЕЛИБА Б. Н. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 1, с. 104—109.

Исследовано взаимодействие экстенсивных и интенсивных факторов расширенного воспроизводства в лесном хозяйстве. Выделены направления и формы интенсификации в зависимости от удельного веса живого и овестьственного труда в стоимости продукции. Выведен предельный уровень снижения фондоотдачи. Табл. 2. Библиогр. список: 6 назв.

УДК 658.58.003.1

**Комплексная оценка экономического ущерба от простоев техники на предприятиях лесной промышленности.** МУРАШКИН Н. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 1, с. 109—113.

Изложена методика расчета составляющих общего экономического ущерба от простоев лесозаготовительной техники при текущих ремонтах и техническом обслуживании за период наработки ею ресурса, гарантированного заводом-изготовителем. Приведены результаты исследований ущерба для тракторов ТДТ-55А и ТБ-1. Ил. 1. Табл. 1.

УДК 658.27:658.3.003.13

**Новые данные о взаимозаменимости труда и основных производственных фондов.** ПЛАСТИНИН А. В., ВОРОНЦОВ Ю. Ф. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 1, с. 113—116.

Рассмотрены экономическая сущность и методика приведения производственных ресурсов (живого труда и основных производственных фондов) к сопоставимому виду для расчета суммарной их величины. Приведены новые данные о коэффициентах взаимозаменимости ресурсов на основе данных предприятий лесного комплекса. Табл. 1. Библиогр. список: 6 назв.

УДК 630\*96:630\*18

**Теоретические предпосылки усиления экологической направленности хозяйственного механизма.** СИНЯКЕВИЧ И. М. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 1, с. 116—119.

Рассмотрены основные направления усиления экологической направленности хозяйственного механизма. Предложено внедрить хозяйственный расчет в лесном хозяйстве на основе платности пользования всеми компонентами лесных ресурсов и государственных стандартов на состояние лесов. Библиогр. список: 7 назв.

УДК 630\*6

**Исследование уровня интенсивности лесного хозяйства Европейского Севера.** ЧУПРОВ Н. П., ЯРУНОВА Т. П. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 1, с. 119—126.

Дан анализ состояния лесного хозяйства Европейского Севера и его динамики за период

с 1965 г. по 1987 г. Приведены данные по объему производства, материально-техническому уровню, производительности труда и др. Предложена шкала оценки уровня интенсивности лесного хозяйства. Отобраны и проанализированы показатели оценки, выполнено районирование региона по уровню интенсивности ведения хозяйства. Табл. 6. Библиогр. список: 1 назв.

УДК 630\*561:630\*243

**Опад и прирост в средневозрастном сосновом насаждении свежей субори после изреживания.** АНДРУЩЕНКО А. П. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 1, с. 127—129.

Изучена масса, структура, интенсивность лесного опада по секциям рубок ухода разной степени изреживания. Дано сравнение опада с приростом стволовой древесины. Ил. 1. Табл. 2. Библиогр. список: 2 назв.

УДК 630\*228.7:631.55

**Влияние искусственных насаждений на урожайность сельскохозяйственных культур.** ИВОНИН В. М., ЗАСОБА В. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 1, с. 129—132.

На примере хозяйств, расположенных с подветренной и наветренной сторон лесных массивов, получены математико-статистические модели связи урожайности основных сельскохозяйственных культур, характеризующие мелиоративную роль этих насаждений. Табл. 2. Библиогр. список: 5 назв.

УДК 630\*861

**Влияние вида коагулянта на эффективность очистки лигносодержащих сточных вод сульфат-целлюлозного производства.** ХАБАРОВ Ю. Г., ПАЛЬМОВА С. Б., ГЕЛЬФАНД Е. Д. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 1, с. 132—134.

Наилучший эффект получен при использовании хлорного железа в качестве коагулянта. Фильтруемость сточной воды после стадии коагуляции меньше, чем при использовании в качестве коагулянта серной кислоты. Ил. 2. Табл. 1. Библиогр. список: 2 назв.

УДК 547.458.81

**Новый растворитель для целлюлозы.** ГЕЛЬФАНД Е. Д. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 1, с. 135.

**80-летие профессора Д. М. Фяте.** КОЛЛЕКТИВ КАФЕДРЫ ЦБП ЛТА. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 1, с. 136—137.

**Юбилей академика ВАСХНИЛ Николая Александровича Моисеева.** КОЛЛЕКТИВ ВНИИЛМ. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 1, с. 137—138.

**Юбилей профессора Ю. Г. Бутко.** РЕКТОРАТ И ОБЩЕСТВЕННЫЕ ОРГАНИЗАЦИИ ЛЕНИНГРАДСКОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА ЦБП. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 1, с. 137—138.

**Анатолий Давыдович Ялушко (к 60-летию со дня рождения).** КОЛЛЕКТИВ КАФЕДРЫ ЭКОНОМИКИ И ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА БЕЛОРУССКОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1990, № 1, с. 138—139.