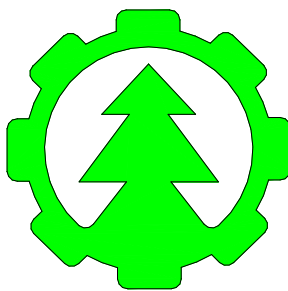


Министерство образования и науки РФ  
ФБГОУ ВПО «СИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**В.Н. Коршун**

## **СИСТЕМА ТЕХНОЛОГИЙ И МАШИН В ЛЕСНОМ ХОЗЯЙСТВЕ**

Утверждено редакционно-издательским советом университета  
в качестве курса лекций для студентов и бакалавров специальностей  
250201.65 Лесное хозяйство  
очной, очной сокращенной, заочной,  
заочной сокращенной форм обучения



Красноярск 2011

УДК 630 (0.75.8)

**Коршун В.Н.** Система технологий и машин в лесном хозяйстве: Курс лекций для студентов и бакалавров специальностей 250201.65 - Лесное хозяйство очной, очной сокращенной, заочной, заочной сокращенной форм обучения Красноярск: СибГТУ, 2011. – 388 с.

Рассмотрены основные положения системы для лесного хозяйства, принципы зональности использования технических средств механизации, технологические процессы с законченным циклом производства и технологические комплексы машин. Приведены вопросы теории анализа и проектирования систем машин, машинотракторных агрегатов, расчета потребности энергетических, технологических и транспортных средств и ресурсов. Даются критерии и методы оптимизации использования систем машин, организационные способы повышения их эффективности.

Табл. 67; ил. 53; библиограф.: 27 назв.

Рецензенты:

канд. техн. наук, доц. *С.Н. Орловский*  
(Красноярский государственный аграрный университет)  
канд. техн. наук, доц. *А.В. Михайленко*  
(научно-методический совет СибГТУ)

© В.Н. Коршун, 2011

© ГОУ ВПО «Сибирский государственный  
технологический университет», 2011

## Содержание

Введение	5
МОДУЛЬ 1. Теоретические основы систем машин в лесном хозяйстве	10
Лекция 1. Предмет, методология и основные задачи курса	10
Лекция 2. Методика анализа систем машин в лесном хозяйстве	19
Лекция 3. Алгоритм формирования системы машин в лесном хозяйстве	28
Лекция 4. Выбор альтернативных вариантов систем машин	43
Лекция 5. Методика анализа производственных процессов в лесном хозяйстве	63
Лекция 6. Повышение качества и эффективности технологических процессов	77
МОДУЛЬ 2. Технологические комплексы в лесном хозяйстве	92
Лекция 7. Технологические комплексы для рубок ухода	92
Лекция 8. Технологический комплекс содействия естественному лесовосстановлению и реконструкций насаждений	111
Лекция 9. Технологический комплекс для сбора и обработки лесных семян, плодов и ягод	130
Лекция 10. Технологический комплекс для производства посадочного материала	138
Лекция 11. Технологический комплекс для производства саженцев	158
Лекция 12. Технологический комплекс для лесовосстановления и лесовыращивания	176
Лекция 13. Технологический комплекс для создания поλεзащитных, водорегулирующих и противоэрозийных насаждений, облесения горных и овражно-балочных склонов	194

Лекция 14. Технологические комплексы для лесоосушения и профилактики лесных пожаров	204
Лекция 15. Технологические комплексы и система машин для лесозащитных работ и химического ухода в лесу	216
МОДУЛЬ 3. Проектирование систем машин для лесного хозяйства	227
Лекция 16. Основы проектирования систем машин для лесного хозяйства	227
Лекция 17. Проектирование структуры и состава системы машин	243
Лекция 18. Принцип агрегатирования лесохозяйственных машин	259
Лекция 19. Комплектование машинно-тракторных агрегатов	277
Лекция 20. Расчет рабочих сопротивлений лесохозяйственных машин	304
Лекция 21. Определение параметров производительности	329
Лекция 22. Расчет количества машинно-тракторных агрегатов	346
Лекций 23. Особенности комплектования стационарных машинных агрегатов	352
Лекция 24. Оптимизация использования системы машин	361
Лекция 25. Экономия ресурсов при использовании системы машин	377
Заключение	386
Библиографический список	386

## Введение

Лес является нашим богатством. Россия владеет крупнейшими лесными ресурсами в мире. Площадь земель лесного фонда составляет свыше 1200 млн. гектаров, из них покрытых лесом – 775 млн. гектаров, общий запас древесного сырья на них - 82 млрд. м<sup>3</sup>, что составляет 23 % от мировых запасов. Удельный вес лесопромышленного комплекса в валютной выручке страны от экспорта составляет почти 4 %. Продуктивность лесов по древесному сырью с 1 га лесопокрытой площади в России в 10 раз меньше, чем в США, Канаде, Швеции и Финляндии. Уровень использования годичного прироста древесного сырья в 4 раза ниже, чем в названных странах. Заготовка древесного сырья от рубок главного пользования в 2005 году составила 110 млн., а от рубок промежуточного пользования и рубок ухода – 60 млн. м<sup>3</sup>. Названные цифры свидетельствуют о неудовлетворительной структуре заготовки древесного сырья и нерациональном лесопользовании. Расчеты показывают, что в российских лесах можно ежегодно заготавливать при соблюдении принципа неистощимого лесопользования до 700 млн. м<sup>3</sup> древесного сырья [1].

В лесном хозяйстве стабильно занято свыше 250 тыс. человек. Промышленными лесозаготовками, переработкой древесины и торговлей лесоматериалами, включая мебель и бумажную продукцию, заняты более 30000 предприятий. В итоге от леса напрямую и косвенно зависит около 5 миллионов работников лесного комплекса, включая членов их семей. Однако объемы лесовосстановления существенно сократились (таблица В.1). Даже при росте среднемесячной зарплаты, которая в два раза превышает заработную плату занятых в сельском хозяйстве и составляет 61 % от средней в экономике России, механизация трудоемких процессов в лесном хозяйстве сдерживается относительной дешевизной рабочей силы и отсутствием прямой заинтересованности предприятий в повышении эффективности лесопользования. Перейти к стратегии интенсивного развития лесному хозяйству не позволяют устаревшие технологии и технические средства их реализации, высокий процент ручного труда. Сезонный характер деятельности предприятий не позволяет сокращать объем оборотных средств. В то же время они вынуждены поддерживать социально-коммунальную сферу и осуществлять за счет своих средств различные выплаты, в том числе по районным коэффициентам и северным надбавкам. Отдельно надо учитывать и отрицательный вклад теневой экономики в процесс оттока средств из сферы лесопользования.

Красноярский край владеет древесными ресурсами в объеме 8 млрд. м<sup>3</sup>, что составляет 10 % от общероссийских запасов. Годовой объем заготовки древесины в крае может составлять 60 млн. м<sup>3</sup>. В настоящее время объем заготовки древесного сырья составляет 8 – 8,5 млн. м<sup>3</sup>. Освоение расчетной лесосеки в крае в последние годы составляет не более

16 %. Из одного м<sup>3</sup> древесного сырья в крае производится товарной продукции на 25 дол. США, в Иркутской области данный показатель составляет 65 дол, а в среднем по России – 48. Причем, в нашем крае древесное сырье реализуется в виде круглого леса. В мире из 1 м<sup>3</sup> древесного сырья производят продукции на 200 - 250 дол. Трудозатраты на 1 м<sup>3</sup> заготовленной древесины в Сибирском регионе пятикратно превышают аналогичные затраты в Скандинавских странах. В настоящее время в крае реализуется программа ускоренного развития лесного комплекса, строительства технических мощностей для полной переработки древесного сырья.

Таблица В.1 - Объемы лесовосстановления, тыс. га

Регион	1990	1991	1992	1995	1998	1999	2000
Российская Федерация	1831,0	1562,0	1402,0	1454,0	1019,0	964,0	973,0
Сибирский федеральный округ	445,5	4273	374,1	373,6	2933	287,0	286,0
Республика Алтай	-	9,5	7,3	6,8	6,7	6,7	6,7
Республика Бурятия	33,3	31,1	21,4	24,0	19,0	19,3	20,2
Республика Тыва	2,6	4,0	4,2	4,8	5,2	5,3	5,5
Республика Хакасия	-	6,8	6,2	7,0	6,0	4,6	4,6
Алтайский край	35,1	24,2	22,6	13,5	9,2	9,6	13,9
Красноярский край	96,5	92,0	85,7	91,9	64,0	65,2	55,8
Иркутская обл.	134,2	131,2	112,0	116,6	90,2	90,6	93,1
Кемеровская обл.	32,6	28,6	27,4	29,2	19,5	19,4	20,3
Новосибирская обл.	11,8	9,9	9,8	10,6	11,0	11,3	12,0
Омская обл.	13,7	123	13,7	11,4	9,2	5,6	5,6
Томская обл.	48,3	42,7	36,0	28,6	28,6	23,4	23,9
Читинская обл.	37,4	35,0	27,8	29,2	24,7	25,5	24,6
Источник информации: Регионы России: Стат. сб. - М.: Госкомстат России, 2001.-Т. 2.							

На территории Российской федерации лесное хозяйство функционирует на основе Лесного кодекса РФ [2]. Основными принципами лесных отношений являются: 1) устойчивое управление лесами, сохранение биологического разнообразия лесов, повышение их потенциала; 2) сохранение средообразующих, водоохраных, защитных, санитарно-гигиенических, оздоровительных и иных полезных функций лесов в интересах обеспечения права каждого на благоприятную окружающую среду; 3) использование лесов с учетом их глобального экологического значения, а также длительности их выращивания и иных природных свойств лесов; 4) обеспечение многоцелевого, рационального, непрерывного, неистощительного использования лесов для удовлетворения потребности общества в лесах и лесных ресурсах; 5) воспроизводство лесов, улучшение их качества, а также повышение продуктивности лесов; 6) обеспечение охраны и защиты леса; 7) использование лесов способами, не наносящими вреда окружающей среде и здоровью человека; 8) подразделение лесов на виды по целевому

использованию, установление категорий защитных лесов в зависимости от выполняемых ими полезных функций.

Использование, охрана, защита, воспроизводство лесов осуществляется исходя из понятия о лесе как об экологической системе или как о природном ресурсе [2, Ст. 5]. Леса, находящиеся на землях лесного фонда, являются федеральной собственностью, и всякая деятельность на них регламентируется законами.

В лесном хозяйстве основным ведущим специалистом, осуществляющим организацию на необходимом уровне всего комплекса лесохозяйственного производства, начиная от рубок и кончая лесовосстановлением, является *инженер лесного хозяйства*. Содержание подготовки дипломированных специалистов, способных решать на современном уровне стоящие перед лесным комплексом страны задачи, определяется государственным образовательным стандартом (ГОС) по направлению 656200 Лесное хозяйство и ландшафтное строительство. Документ устанавливает объекты и виды профессиональной деятельности, а также задачи, которые способен решать выпускник:

а) производственно-технологическая деятельность - эффективное использование материалов, оборудования, соответствующих алгоритмов и программ расчетов параметров технологических процессов; осуществление метрологической поверки основных средств производства;

б) организационно-управленческая деятельность - организация работы коллектива исполнителей; принятие управленческих решений в условиях различных мнений; нахождение компромисса между различными требованиями (стоимости, качества, безопасности и сроков исполнения) как при долгосрочном, так и при краткосрочном планировании и определение оптимального решения; оценка производственных и непроизводственных затрат на обеспечение качества производственной и проектной продукции лесного хозяйства и ландшафтного проектирования и строительства; осуществление технического контроля и управления качеством продукции лесного хозяйства и ландшафтного проектирования и строительства;

в) научно-исследовательская деятельность - анализ состояния и динамики показателей качества объектов деятельности (лесничеств и лесхозов, леспаркхозов и объектов ландшафтной архитектуры) с использованием необходимых методов и средств исследований; создание теоретических моделей, позволяющих прогнозировать свойства материалов в лесном хозяйстве и ландшафтном строительстве; разработка планов, программ и методик проведения исследований; анализ, синтез и оптимизация процессов обеспечения качества испытаний, сертификации продукции с применением проблемно-ориентированных методов;

г) проектно-конструкторская деятельность - формирование целей проекта (программы) решения задач, критериев и показателей достижения целей; построение структуры их взаимосвязей, выявление приоритетов ре-



шения задач проектирования с учетом нравственных аспектов деятельности и оптимизации состояния окружающей природной и урбанизированной среды; разработка обобщенных вариантов решения проблемы, анализ этих вариантов; прогнозирование последствий, нахождение компромиссных решений в условиях многокритериальности, неопределенности; планирование реализации проекта; разработка проектов лесоустройства, производства лесных культур, объектов ландшафтного строительства с учётом экологических, эстетических, экономических параметров; использование информационных технологий при разработке новых материалов; разработка проектов технических условий, стандартов на посадочный материал и новые правила и нормы проектирования.

Дисциплина «Система машин в лесном хозяйстве» относится ГОС к специальным дисциплинам (СД 06.02). Курс лекций разбит на учебные модули: 1 – Теоретические основы систем машин в лесном хозяйстве; 2 – Технологические процессы и комплексы машин; 3 – Проектирование систем машин. Предлагаемый читателю курс рассчитан на 25 лекций. Является составной частью учебно-методического комплекса дисциплины и предназначен студентам специальности 250201 – Лесное хозяйство всех форм обучения, а также бакалаврам направления 656200 - Лесное хозяйство и ландшафтное строительство дневной и заочной форм обучения (<http://sibstu.kts.ru>). Полезен инженерам и специалистам лесного и лесопаркового хозяйства. Курс лекций соответствует ГОС и дополнен вузовским и региональным компонентами. Рассчитан на 150 часов. Предшествующими дисциплинами являются: «Инженерная графика» (ОПД.Ф.01); «Машины и механизмы» (ОПД.Ф.14); «Тракторы и автомобили с основами технической механики» (СД.06.01). Курс лекций апробирован в СибГТУ на лесохозяйственном факультете.

Традиционные курсы преподавания дисциплины предусматривают изучение лесохозяйственных машин, классифицируя их либо по выполняемым технологическим операциям, например, плуги, сеялки лесопосадочные машины и т.д., либо по свойствам составных элементов, например, привод, рабочие органы, двигатель и т.д. Вопросы комплектования систем машин часто рассматриваются в разделе «Эксплуатация машин», который изучается только инженерами по машинам. В предлагаемом курсе лесохозяйственные машины классифицируются по принципу выполняемого технологического процесса с законченным циклом. Методологической основой курса является системный подход. Критерием формирования системы машин является их соответствие концепции лесохозяйственного производства на современном этапе развития общества. Принципы ведения сельского и лесного хозяйства во многом сходны, поэтому при изучении системы лесохозяйственных машин частично используются методы, применяемые в агропромышленном секторе.

Предметом изучения в курсе лекций является система машин и тех-



нологий в лесном хозяйстве. *Система машин (СМ)* – совокупность технических средств, различного функционального назначения, взаимоувязанных по техническим и эксплуатационно-технологическим параметрам, обеспечивающая последовательное выполнение законченного комплекса операций единого технологического процесса лесохозяйственного производства.

Методологической основой является *системный подход* - (*systems approach*) - метод анализа и синтеза технических систем с системных позиций. При системном подходе любой предмет рассматривается как совокупность элементов с учетом связей между ними. *Техническая система (ТС)* – абстрактное отражение комплекса взаимосвязанных технических средств, действующих как одно целое, обеспечивающих преобразование вещества (массы), энергии и информации. Количество связей в системе определяет ее сложность. Связи между элементами бывают горизонтальными и вертикальными. Элементы системы обладают одной связью. *Техническое средство* - элемент технической системы, предназначенный для преобразования вещества (массы), энергии и информации. Разновидности: орудия, машины, инструменты, а также помещения.

*Машина (machine)* – техническое средство, выполняющее, как правило, механические движения, и служащее для преобразования материалов, энергии и информации с целью повышения их потребительских качеств, замены или облегчения физического или умственного труда. Исходя из определения *СМ*, связи между элементами классифицируются на две группы: технические; эксплуатационно-технологические. При синтезе (комплектации) *СМ*, учитываются, прежде всего, технологические параметры, определяющие структуру технологического процесса, направленного на изменение свойств предмета труда. В результате выполнения производственного процесса с законченным технологическим циклом производится товар, обладающий стоимостью. Лесное хозяйство обслуживает также непроизводственные потребности общества. Методологической основой производства является технология.

*Технология (technological, processing)* – совокупность методов преобразования предмета труда, как правило, материалов, с целью получения определенных потребительских свойств. *ТС* и технология неразрывно связаны между собой. Термин применяется с разнообразными определениями, характеризующими область или объект производства. Например, технология лесовосстановления; технология производства саженцев

*Цель настоящего курса* – организация самостоятельной работы студента по овладению теоретическим материалом учебной дисциплины. Курс является авторским и не заменяет учебника [14], а лишь его дополняет. Не является справочником. Для подготовки экзамена по дисциплине также необходим наш задачник по дисциплине «Система машин в лесном хозяйстве».

## **МОДУЛЬ 1**

### **Теоретические основы систем машин в лесном хозяйстве**

#### **Лекция 1**

#### **Предмет, методология и основные задачи курса**

##### **План**

- 1 История развития систем лесохозяйственных машин в России
- 2 Концепция создания системы машин и технологий на современном этапе
- 3 Предмет и методология изучения дисциплины
- 4 Задачи курса

#### **1 История развития систем лесохозяйственных машин в России**

Машины и механизмы появились в лесном хозяйстве в начале XX века. Лошадь, как основное тяговое средство в лесу, была заменена трактором. Тяговая концепция трактора наследовала свойства лошади и просуществовала в нашей стране до начала 60-х годов. Трактор использовался для трележки древесины от рубок ухода и в качестве энергетической установки для привода стационарных машин. Лесохозяйственные машины применялись не системно и не обеспечивали комплекс механизированных технологических процессов с законченным циклом. Во второй половине XX века в лесном комплексе страны произошла революционная механизация всех технологических процессов. Трактор приобрел тягово-энергетическую концепцию и стал использоваться в качестве базового шасси для систем лесных машин. Было разработано и реализовано целое семейство систем машин для лесного комплекса. Особое внимание было уделено развитию систем машин для заготовки древесного сырья в виде круглых лесоматериалов. Целью разработки систем машин являлось существенное повышение производительности труда. Спроектированные для функционирования в лесу трелевочные тракторы ТТ-4 и ТДТ-55, а также на их базе технологические машины позволили резко повысить производительность труда в лесном комплексе. Были созданы и эффективно применялись системы лесосечных, лесотранспортных и нижне-складских машин и оборудования. В результате СССР по объемам заготовки древесного сырья вышел на первое место в мире. К сожалению, разработанные системы машин не в полной мере учитывали научное понятие о лесе как об экологической системе или как о природном ресурсе [1, 2].

Системно машины для сельского и лесного хозяйства стали разрабатываться в СССР с 1956 года [3]. Разработанные системы машин (*СМ*) включали значительное число марок машин и практически охватывали весь технологический процесс лесохозяйственного производства, включая все его операции. Систематизация машин для лесного хозяйства позволила на данном этапе развития лесного хозяйства скоординировать научно-исследовательские разработки. Государством был установлен порядок постановки машин на производство, включающий государственные испытания. Головной организацией по *СМ* в лесном хозяйстве является ВНИИЛМ. В 1955 - 1956 гг. коллективом сотрудников Института при участии других научных учреждений отрасли и производителей разработана первая *СМ* для комплексной механизации лесохозяйственного производства. Основными ее разработчиками были Ф. М. Курушин, Д. Т. Ковалин и П. Ф. Федоров. Во введении к первой *СМ* отмечалось, что уровень механизации работ по лесоразведению весьма низок: по обработке почвы он составлял около 27 %, по посеву и посадке леса - 7, по уходу за лесными культурами - 22 %.

Первая *СМ* включала 12 наименований (разделов) деятельности, каждый раздел именовался как самостоятельная *СМ*. На ее основе создавались новые машины и орудия и модернизировались существующие.

В 1966 г. лесное хозяйство стало самостоятельной отраслью народного хозяйства, перед которой были поставлены задачи по рациональному использованию и воспроизводству лесных ресурсов. Потребовалась разработка новой *СМ* для дальнейшего развития в области конструирования, модернизации и серийного выпуска лесохозяйственной техники на период до 1975 г. В основу ее положены зональные *СМ*, созданные региональными (республиканскими) НИИЛХ. В эту *СМ* вошло 144 наименования специальных лесных и 131 наименование сельскохозяйственных, дорожных и других машин и орудий, заимствованных из смежных отраслей народного хозяйства. Для завершения комплексной механизации лесохозяйственного производства требовалось разработать еще 84 наименования машин (58 % необходимого их количества).

Впервые в предложенной *СМ* представлена краткая характеристика шести лесорастительных зон страны. Все работы в лесном хозяйстве по технологическому признаку делились на восемь крупных блоков, а перечень технических средств (*ТС*) для комплексной механизации лесохозяйственного производства в зональном разрезе включал 15 разделов. В разработке новой *СМ* приняли участие специалисты 23 НИИ, 11 вузов, ряда КБ, тракторных и машиностроительных заводов, а также руководители пяти союзных и шести республиканских министерств [8].

Первая и последующие *СМ* сыграли важную роль в определении технической политики развития лесного хозяйства. За этот период к серийному выпуску рекомендованы 43 наименования новых лесохозяйственных

машин и орудий, из которых 30 внедрены в производство. Эти машины в сочетании с техникой, применяемой в сельском хозяйстве и лесной промышленности, дали возможность механизировать основные трудоемкие процессы при создании лесных культур на открытых равнинах, вырубках с дренированными почвами и частично на горных склонах, а также при выращивании посадочного материала в питомниках. Однако уровень механизации работ в лесном хозяйстве оставался низким, ряд производственных операций выполнялся вручную. Всего за годы плановой экономики было разработано семь *СМ* (таблица 1.1) [3]. Значительное увеличение количества специальных *ТС* к 2010 году ожидается за счет развития моторизованного и ручного инструмента и также технических средств измерений и обработки информации.

Таблица 1.1 – Динамика количества наименований *ТС* в *СМ* (1957–2010 г.)

Показатели	1957-1965	1966-1970	1971 - 19875	1976 - 1980	1981 - 1990	1985 – 1995	1991 - 2000	2001 - 2010
Вся техника	165	208	275	356	355	338	354	414
В т.ч.:								
специальная	53	87	144	200	203	196	228	297
заимствованная	112	121	131	156	152	142	126	117

Параллельно развитию *СМ* и развивалась методология их применения. Наука о сельскохозяйственных машинах и орудиях зародилась сравнительно недавно. Возникновение этой новой прикладной дисциплины связано с именем академика В. П. Горячкина (1868-1935). В своем основном труде «Земледельческая механика» (1919) и в других работах он впервые применил законы механики к исследованию технологических процессов работы сельскохозяйственных машин и орудий, классифицировал эти процессы и вскрыл возможности их рационализации; разработал общую теорию плуга, молотильного барабана, методов подбоя, уравнивания сил инерции, теорию масс и скоростей применительно к сельскохозяйственным машинам и орудиям.

Труды акад. В.П. Горячкина послужили основой для анализа применения машин в лесном хозяйстве [4]. Значительный вклад в вопросы подготовки инженеров лесного хозяйства внесли И.М. Зима и Т.Т. Малюгин. Написанный ими учебник «Механизация лесохозяйственных работ», многократно переиздаваемый, до сих пор является непревзойденным [5]. Большой вклад в теорию лесохозяйственных машин и выполняемых ими технологических процессов внесли проф. П. С. Нартов [6], И. М. Бартенев [7], Г.А. Ларюхин [8], А. Ф. Пронин, В. А. Зотов [10], Л. Т. Свиридов [11], Н. В. Еремин [12], Ф. М. Пошарников, Ю. И. Полупарнев, П. М. Мазуркин, В. Н. Винокуров [13,14, 15 ], Г. В.Силаев [15 ], Н. А. Гуделюк и др.