

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

УДК 630

Е. М. Романов, Е. М. Онучин

ПОДХОДЫ К РАЗРАБОТКЕ И ИССЛЕДОВАНИЮ ИННОВАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ЭФФЕКТИВНОГО УСТОЙЧИВОГО ЛЕСОПОЛЬЗОВАНИЯ И ЛЕСОВОССТАНОВЛЕНИЯ

Изложены базовые принципы, положенные в основу инновационной системы эффективного устойчивого лесопользования, описаны её структура и основные процессы функционирования, показаны перспективность и практическая значимость.

Ключевые слова: *система лесопользования и лесовосстановления, устойчивое лесопользование, адаптивно-модульные лесные машины, интенсивное лесопользование.*

Введение. Термин «система лесопользования» в настоящее время имеет несколько значений и его понимание в значительной степени зависит от общего контекста его использования. Анализ использования этого термина в научно-технической и публицистической литературе показывает, что наиболее часто он употребляется в двух значениях – узком и широком. В узком смысле под системой лесопользования понимается некоторая комбинация рубок леса (сплошных или несплошных, главного или промежуточного пользования), обеспечивающая максимальный выход товарной древесины с единицы лесной площади при соблюдении определенных лесоводственно-экологических ограничений. В широком смысле в систему лесопользования дополнительно включают и комплекс мер по лесозащите и лесовосстановлению, а также машинно-технологическое обеспечение выполнения лесохозяйственных и лесозаготовительных работ [1–5].

Опираясь на понятие леса как географического и исторического объекта, наиболее целесообразным является подход к лесопользованию, как к максимально широкому кругу взаимосвязанных проблем, включающих и лесоводственно-экологические и технико-технологические, а также социально-экономические составляющие процесса функционирования лесной территории. Использование такого подхода, кроме того, что позволяет более полно и комплексно выявить и оценить качественные взаимосвязи между отдельными составляющими процесса лесопользования, также делает возможным на базе определения количественных закономерностей проведение оптимизации конструктивно-технологических параметров отдельных подсистем по единым критериям эффективности функционирования всей системы.

Проблемы лесопользования. Проблема комплексного повышения эффективности лесопользования на базе роста продуктивности лесных экосистем путём перехода к интенсив-

ному устойчивому лесопользованию, механизации и автоматизации лесозаготовительных и лесохозяйственных работ, выполнение которых необходимо при интенсивном и экологически ответственном ведении лесного хозяйства, носит сложный и многоплановый характер. Наряду с чисто лесоводственными и техническими аспектами в ней содержатся и экономические, и экологические, и социальные составляющие. Особенно актуальна эта проблема для традиционно лесных регионов европейской части России, в которых в результате длительного времени экстенсивной эксплуатации наблюдается истощение лесных ресурсов, перекрывающее возможность дальнейшего экстенсивного развития и насущно требующее перехода к ведению интенсивного лесного хозяйства для обеспечения устойчивого развития отрасли.

Характерным в этой связи является состояние лесного комплекса в Приволжском федеральном округе и, в частности, Республике Марий Эл. Республика Марий Эл, как и соседние регионы Приволжского федерального округа, обладает истощенным лесным фондом, который не позволяет производить масштабные промышленные лесозаготовки с применением современной высокопроизводительной, но дорогостоящей техники. Для районов с истощенными лесами, играющими большую экологическую, средозащитную и средорегулирующую роль, несущими большую рекреационную нагрузку, разработаны специальные технологии лесопользования, позволяющие свести к минимуму экологический ущерб от лесозаготовок, однако отечественное машиностроение в настоящее время не производит лесозаготовительных и лесохозяйственных машин, позволяющих экономически эффективно реализовывать на практике экологичные и при этом интенсивные технологии промежуточного лесопользования.

Между тем необходимость в таких машинах остро ощутима. Из 30–40 предприятий Республики Марий Эл, ведущих систематические лесозаготовки, лишь у 3–5 годового объема вывозки превышает 25 тыс. куб. м, что является необходимым минимумом для рентабельной эксплуатации форвардеров (причем не новых, а дорабатывающих свой ресурс после 7–12-летней эксплуатации за рубежом), а уровень рентабельности харвестера (120–150 тыс. куб. м в год заготавливаемой древесины) просто не достигим, поэтому в основном на лесозаготовках республики применяются морально и физически устаревшие машины на базе тракторов ТДТ–55 и технологии на основе валки леса бензомоторными пилами и чокерной трелевки лесоматериалов, которые не обеспечивают выполнения требований ни по сохранению лесной среды, ни по санитарно-гигиеническим условиям работы людей, ни по охране труда, ни по качеству лесопродукции.

Еще сложнее ситуация с эпизодическими рубками, на которых используются неподготовленные, случайные рабочие и непрофильная техника без какого-либо специального технологического оборудования. Не менее остро стоит задача комплексной механизации лесовосстановительных работ в республике. Предприятия, ведущие лесное хозяйство, проводят лесовосстановление главным образом либо естественным путем, либо по технологии позапрошлого века (посадка под меч Колесова), что коренным образом противоречит требованиям технологии интенсивного ведения лесного хозяйства. В то же время многие перспективные технологии, разработанные учеными-лесоведами, остаются невостребованными в силу отсутствия машин, эффективно их реализующих. Перспективным направлением качественного роста показателей эффективности производства работ при интенсивном ведении лесного хозяйства является разработка нового поколения лесных машин для рубок ухода и лесовосстановления, построенных на принципах адаптивности, эксплуатационной модульности и широкого использования современных информационных технологий для автоматизации выполняемых технологических процессов. При этом полностью сохраняют свое значение требования энергоэффективности и экологичности машин.

Актуальная проблема повышения уровня механизации и автоматизации выполнения лесосечных и лесохозяйственных работ с чрезвычайно низкого в настоящее время уровня

(25–35 % – механизация, 5–10 % в лесной промышленности и порядка 1 % в лесном хозяйстве – автоматизация) является одной из важнейших с точки зрения повышения их эффективности и перехода к интенсивному ведению лесного хозяйства, обеспечивающему наибольшую отдачу и максимальное использование всех (как древесных, так и недревесных) ресурсов леса. В частности, в зарубежной Европе доля древесины, получаемая при рубках промежуточного пользования лесом, составляет 45–60, в России – 5–15 %. Также существенного повышения требуют показатели интенсивности использования технических средств. Например, коэффициент технического использования машин в большинстве предприятий лесного комплекса, занимающихся лесосечными и лесохозяйственными работами, не превышает 0,1–0,2, что напрямую негативно сказывается на экономической эффективности выполнения лесосечно-лесохозяйственных работ. Также велики значения энергоёмкости выполнения лесосечно-лесовосстановительных работ (порядка 35–40 МДж/куб. м) [2, 3]. Научно-исследовательские работы и опытно-конструкторские разработки, ведущиеся как в России, так и за рубежом, касающиеся автоматизации лесосечных и лесовосстановительных процессов, как правило, ограничиваются совершенствованием следящих приводов технологического оборудования, в то же время не используются достижения науки в области робототехники и искусственного интеллекта, позволяющие качественным образом повысить уровень автоматизации лесосечно-лесовосстановительных процессов.

Естественно, что при автоматизации таких сложных машинно-технологических комплексов и решении множества различных уже по своей природе и характеру задач нужно учитывать огромное количество факторов, принимать во внимание всевозможные ситуации и обстоятельства, анализировать большой поток информации. Система управления, которая учитывала бы такое огромное множество факторов, должна использовать соответствующее количество информационных переменных. Процессы функционирования объекта управления носят сложный нестационарный вероятностный характер. Для обеспечения высоких показателей эффективности и качества объекта алгоритм автоматизированной системы управления должен быть адаптивным, самонастраивающимся. Применение классических детерминированных алгоритмов в таком случае исключается. Управляющее устройство должно мгновенно реагировать на все возможные изменения факторов и возмущений и оперативно обрабатывать управляющие воздействия.

Возникает проблема разработки новых концепций системы управления, использующих иную теоретическую базу, опирающуюся на фундаментальные научные разработки, существенно отличающиеся от классической теории автоматического управления. Основу такой концепции, обеспечивающей выполнение современных требований к САУ, создают методы интеллектуальных систем. Проектирование современных машинно-технологических комплексов для рационального лесопользования – задача достаточно сложная и трудоёмкая. Она требует применения разнообразных технологий, использующих новые технические решения и научные принципы. При этом особенностью проектирования является необходимость учёта эффектов взаимодействия технических систем с лесными экосистемами, в том числе и тех эффектов, которые проявляют себя только в довольно отдалённой перспективе и представляют собой гораздо более сложные, чрезвычайно разнообразные и во многом ещё не изученные феномены.

Существенные резервы повышения эффективности лесосечно-лесовосстановительных работ имеются и в плане снижения экологического ущерба, наносимого лесной среде при рубках ухода. Проведённые ранее научные исследования показали, что для оценки экологического ущерба может быть использован такой показатель, как относительный балл ухудшения санитарного состояния древостоев, который при работе существующих машинно-технологических комплексов составляет 0,7–0,8, при этом предлагаемые адаптивно-модульные технико-технологические средства в перспективе позволяют его уменьшить до 0,2–0,3, то есть в 3–4 раза.

Существующие методы решения. В России и за рубежом в настоящее время широко применяется метод имитационного моделирования лесосечных и лесохозяйственных процессов, позволяющий наиболее полно учесть их стохастичность. Разработаны математические модели, отражающие функционирование существующих машин (харвестеров, форвардеров, трелёвочных тракторов, валочно-пакетирующих, сучкорезно-раскряжёвочных и проч.), при этом основное внимание уделяется сплошным и несплошным рубкам главного пользования, при этом специфические особенности рубок промежуточного пользования (например, изменение прироста древесины в древостое) оказываются неучтёнными [5].

Известные математические модели, разработанные как в нашей стране, так и за рубежом, как правило, либо не учитывают стохастического характера условий функционирования машин (расчёт по средним значениям), либо возникающих при адаптивности машин и автоматизации технологических процессов причинно-следственных связей, в них также отсутствуют эффекты, обусловленные новыми техническими решениями; имеющиеся отечественные и зарубежные методики проектирования лесных машин предполагают большую роль неформального творческого подхода, угадывания и субъективности, что может быть устранено путём разработки математических моделей оптимального синтеза как технологических процессов, так и конструкций технических средств.

Качественно новым явлением в лесопользовании может и должен стать индивидуальный подход к каждому отдельному участку лесного фонда, выраженный не только в его полном (точном и достоверном) таксационно-лесоводственном описании, но и постоянном (а не периодичном, как это реализовано в настоящее время) отслеживании его динамики и назначении с использованием методов прогнозирования индивидуальных технологических воздействий на лесную экосистему данного участка лесного фонда, оптимизированных с точки зрения достижения желаемых показателей эффективности лесопользования на данном участке [1, 4].

В этой связи разработка такой сложной многоуровневой и многосвязной системы, как система эффективного устойчивого лесопользования и лесовосстановления, предполагает широкое использование междисциплинарного подхода, основанного на взаимодействии, взаимопроникновении и синтезе многих фундаментальных и прикладных дисциплин, касающихся биологии (физиологии), лесоведения и лесоводства, лесовосстановления, технологических процессов лесохозяйственных и лесозаготовительных работ, механики, автоматизации, технической кибернетики и многих других. Использование такого подхода позволяет отойти от широко распространенной сегодня параметрической оптимизации отдельных частных компонент, в совокупности составляющих лесного комплекса (методов и способов лесоводства и лесоустройства, технологий и отдельных технических средств для лесозащиты, лесовосстановления, лесозаготовок и первичной переработки лесных ресурсов), к исследованию этих составляющих в рамках одной единой системы и оптимизации параметров такой системы по обобщённым критериям эффективности.

Как уже было отмечено во введении, под термином «система лесопользования» целесообразно подразумевать в широком смысле некоторую комбинацию рубок леса (сплошных или несплошных, главного или промежуточного пользования), обеспечивающую максимальный выход товарной древесины с единицы лесной площади при соблюдении определенных лесоводственно-экологических ограничений, дополненную комплексом мер по лесозащите и лесовосстановлению, машинно-технологическим обеспечением выполнения лесохозяйственных и лесозаготовительных работ, а также подсистемами мониторинга и прогнозирования развития лесных экосистем.

Таким образом, в широком понимании система лесопользования включает в себя:

подсистему мониторинга и прогнозирования развития лесных экосистем, включая еще одну подсистему более низкого уровня – подсистему программно-аппаратных и технических средств;

подсистему способов, технологий и технических средств для лесовосстановления;
подсистему способов, технологий и технических средств для лесоводства и лесозащиты;
подсистему способов, технологий и технических средств для лесозаготовок и первичной переработки лесных ресурсов;

подсистему конструкций технологического оборудования (рабочих органов) для выполнения технологических операций, связанных с обработкой предмета труда при выполнении лесохозяйственных и лесозаготовительных работ;

подсистему шасси лесных машин и приводов технологического оборудования.

Традиционно при разработке и исследовании отдельных компонентов системы лесопользования лесоводственные и, в меньшей степени, технологические вопросы рассматривались обособленно от проблем конструирования технических средств для выполнения лесохозяйственных и лесозаготовительных работ. Это приводило также и к обособленной оптимизации технологических параметров лесохозяйственных и лесозаготовительных работ и конструктивных параметров по своим собственным критериям эффективности без учета или практически без учета их функционирования в составе единой системы лесопользования, обладающей в свою очередь своими собственными критериями эффективности.

Такой подход практически полностью исключал возможность параметрической оптимизации всей системы в целом по обобщенным критериям эффективности, что наиболее показательно на примере проектирования технических средств для лесохозяйственных и лесозаготовительных работ. В данной области общепринятым является подход, когда специалисты по лесному хозяйству или технологии лесозаготовок «выдают» конструкторам лесных машин требуемые параметры, а также ограничения, найденные по критериям эффективности лесохозяйственных или лесозаготовительных процессов (продуктивности биологических или экологических систем, производительности или энергоэффективности технологического процесса), после чего конструкторы оптимизируют конструкцию лесной машины по «конструктивным» критериям материалоемкости, технологичности, надежности и т. д. Как видно из приведенного примера, происходит поэлементная оптимизация составляющих единой системы лесопользования, а такой подход, как известно из исследования операций, в общем случае совершенно не гарантирует оптимальность параметров системы в целом.

Хрестоматийным примером ограниченности такого подхода являются статистические данные, характеризующие развитие трелёвочных тракторов. С 50-х до 80-х годов XX века их мощность возросла в среднем в 2–2,5 раза, а производительность – всего лишь на 20–30 %. Столь незначительные результаты как раз и были предопределены тем, что разработчики шасси, приводов и технологического оборудования трелёвочных тракторов работали вне единой системы с разработчиками технологических процессов лесозаготовительных и лесохозяйственных (в первую очередь лесовосстановительных) работ.

Другим не менее значимым по своей ограниченности являлся фактор «удачного базового шасси», когда одна, пусть даже действительно хорошая для определённых условий, конструкция лесной машины тиражировалась на другие технологические процессы в лесном комплексе без учёта их особенностей, и даже напротив, сами технологические процессы разрабатывались под определённую базу машины. В современной действительности гибких производственных линий это выглядит явным анахронизмом, и только рассмотрение (исследование и оптимизация параметров) всех компонентов в рамках единой системы эффективного устойчивого лесопользования позволит сделать качественный шаг вперёд в области развития как технологий, так и технических средств в лесном комплексе.

Предлагаемый путь решения. Общая схема функционирования разрабатываемой системы представлена на рисунке (с.8). Состояние лесных экосистем отслеживается с определённой степенью достоверности и точности, необходимыми и достаточными для принятия адекватных решений по управлению лесами, при помощи системы мониторинга, основанной на современных инфотелекоммуникационных методах. Данные, полученные с по-

мощью системы мониторинга, поступают в математическую модель, представляющую собой основную часть системы прогнозирования продуктивности и устойчивости лесных экосистем. При помощи данной математической модели на основе данных системы мониторинга текущего состояния лесных экосистем, путём оптимизации целевых критериев эффективности лесопользования (ресурсных, лесоводственно-экологических, социально-экономических или других), вырабатываются рекомендации по проведению целесообразных технологических (своего рода управляющих) воздействий на лесные экосистемы.

При этом главной особенностью модели является то, что в процессе выработки технологических воздействий на лесные экосистемы параллельно происходит процесс оптимизации как структуры, так и количественных параметров технологического процесса и конструктивных параметров адаптивно-модульных технических средств для его выполнения.

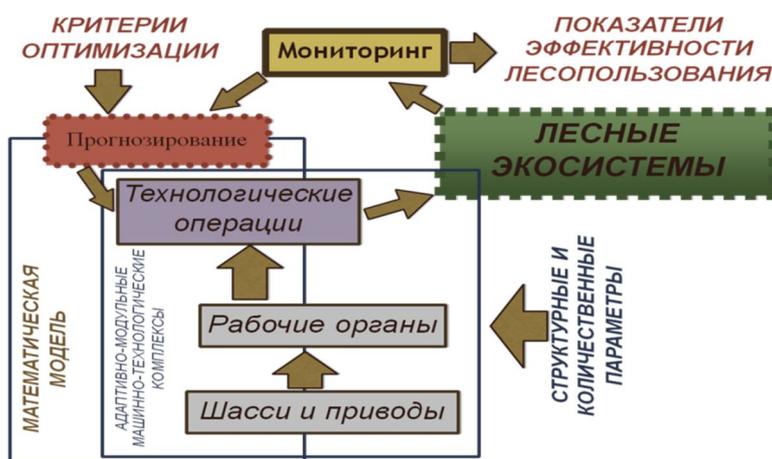


Схема функционирования инновационной системы эффективного устойчивого лесопользования и лесовосстановления

Основой для разработки инновационной системы использования и воспроизводства лесных ресурсов, новых технологий интенсивного лесопользования и лесовосстановления, обеспечения условий для рационального природопользования без нарушения устойчивости лесных экосистем с ориентацией на малозатратные и ресурсосберегающие технологии могут являться следующие направления:

- поддержание оптимальных условий для прохождения естественных процессов воспроизводства лесных ресурсов и ограничение лесопользования;
- обеспечение непрерывного мониторинга на основе инфотелекоммуникационных методов;
- совершенствование технологий и научно обоснованных технологических процессов использования и воспроизводства лесных ресурсов;
- разработка новых типов технических средств для отрасли.

Обычно выбор основополагающего направления при разработке новой системы опирается только на одно из направлений из данного перечня. Это не позволяет разработать гармоничной системы, и система не может считаться устойчивой. Это связано с тем, что лесохозяйственное производство имеет свои особенности, которые существенно сказываются на технологических аспектах использования и воспроизводства лесных ресурсов, которые возникли в основном в результате последствий прошлого уровня ведения лесного хозяйства, не полностью учитывающего перспективы развития отрасли. Все это необходимо учитывать при разработке инновационной системы использования и воспроизводства лесных ресурсов.

Направления для разработки инновационной системы использования и воспроизводства лесных ресурсов можно объединить в две укрупненные группы, одна из которых опирается на естественно-биологические процессы, протекающие в лесных экосистемах (естественно-биологическое направление), а другая – на функционирование технических средств в технологических процессах лесохозяйственного производства (технико-технологическое направление). Эти направления взаимосвязаны, но разнонаправлены.

Естественно-биологическое направление опирается на природные условия и определяет функционирование деятельности человека. Природные условия редко поддаются коренному изменению, поэтому считается, что их надо учитывать, прогнозировать их действия и

к ним необходимо приспособляться. Техничко-технологическое направление опирается на функционирование созданного человеком технологического процесса и технических систем, которые вступают во взаимодействие с естественно-биологическими системами, видоизменяют их в нужном направлении.

Выводы. При разработке инновационной системы использования и воспроизводства лесных ресурсов, новых технологий интенсивного лесопользования и лесовосстановления, обеспечения условий для рационального природопользования без нарушения устойчивости лесных экосистем нужно использовать совокупность решений по естественно-биологическому и технико-технологическому направлениям с учетом основных взаимовлияющих факторов.

Представленная концепция разработки и исследования сложной многоуровневой и многосвязной системы эффективного устойчивого лесопользования и лесовосстановления предполагает широкое использование междисциплинарного подхода, основанного на взаимодействии, взаимопроникновении и синтезе широкого ряда фундаментальных и прикладных дисциплин, касающихся биологии, лесоведения и лесоводства, лесовосстановления, технологических процессов лесохозяйственных и лесозаготовительных работ, механики, автоматизации, технической кибернетики и др.

Список литературы

1. *Меньшиков, В.Н.* Основы теории заготовки леса с сохранением и воспроизводством природной среды / В.Н.Меньшиков. – Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1987. – 220 с.
2. *Ширнин, Ю.А.* Процессы комплексного освоения участков лесного фонда при малообъемных лесозаготовках: Научное издание / Ю.А.Ширнин, К.П.Рукомойников, Е.М.Онучин; Под ред. Ю.А.Ширнина. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2005. – 196 с.
3. *Сидыганов, Ю.Н.* Модульные машины для рубок ухода и лесовосстановления: монография / Ю.Н.Сидыганов, Е.М.Онучин, Д.М.Ласточкин. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2008. – 336 с.
4. *Романов, Е.М.* Лесные культуры. Ускоренное лесовыращивание: Учебное пособие / Е.М.Романов, Н.В.Еремин, Т.В.Нуреева и др. – Йошкар-Ола.: МарГТУ, 2007. – 288 с.
5. *Герасимов, Ю.Ю.* Экологическая оптимизация технологических процессов и машин для лесозаготовок / Ю.Ю.Герасимов, В.С.Сюнёв. – Йоенсуу: Изд-во Университета Йоенсуу, 1998. – 178 с.

Статья поступила в редакцию 25.11.11.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации по государственному контракту № 16.515.11.5053 в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007-2013 годы».

E. M. Romanov, E. M. Onuchin

APPROACHES TO DEVELOPMENT AND RESEARCH OF INNOVATIVE SYSTEM OF EFFECTIVE SUSTAINABLE FOREST MANAGEMENT AND REFORESTATION

Basic principles taken as a basis of innovative system of effective sustainable forest management are presented, its structure and basic process of functioning are described, perspective and practical importance are shown.

Key words: *forest management and reforestation system, sustainable forest management, adaptive-modular forest machines, intensive forest management.*

РОМАНОВ Евгений Михайлович – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры лесных культур и механизации лесохозяйственных работ, ректор МарГТУ. Область научных интересов – искусственное лесовосстановление. Автор более 160 публикаций.

E-mail: rector@marstu.net

ОНУЧИН Евгений Михайлович – кандидат технических наук, доцент кафедры эксплуатации машин и оборудования МарГТУ. Область научных интересов – проблемы проектирования машинно-технологического комплекса для лесопользования и утилизации органических отходов с сопутствующим получением энергоносителей. Автор 53 публикаций.

E-mail: OnuchinEM@marstu.net