

## ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ЛЕСОТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ МЕТОДОМ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

The article is dedicated to designing networks on base of the method of simulation modeling in timber and timber industrial enterprise with using geoinformation systems. The designed algorithm of the designing and optimization to network transport-technological ways. The described sequence to realization of the methods of the designing with using geoinformation systems «Timber facility» and computer system of simulation modeling «Road network». The designed way of the designing and optimization road to network allows on each stage of the designing to contribute the changes to the current parameters, check objectivity of the raw data's, lead variant designing and optimization to network of the ways real-time, using all advantage computer aided design and geoinformation systems.

**Введение.** Как известно, природные ресурсы – это необходимое условие всякой производственной деятельности. Леса, являясь объектом хозяйственной эксплуатации, создают производственную основу лесного хозяйства и лесной промышленности.

Лесопромышленное производство – как самостоятельная отрасль – включает в себя четыре подотрасли: лесозаготовительную, деревообрабатывающую, целлюлозно-бумажную и лесохимическую. Все подотрасли лесопромышленного производства объединены использованием общего источника сырья и, как следствие этого, технологически связаны между собой. В число важнейших технологических процессов лесозаготовительного производства входит вывозка древесины. Объемы вывозки и скорости доставки древесины к потребителю в значительной степени определяются наличием и состоянием лесных дорог.

В настоящее время рациональное и наиболее полное использование лесного потенциала, полное удовлетворение потребностей внутреннего рынка в высококачественной и конкурентоспособной лесопродукции невозможно из-за недостаточного количества и качества лесных дорог круглогодичного действия.

Собирательный характер транспорта леса, существенные различия транспортно-эксплуатационных качеств транспортных путей в пределах одной сырьевой базы приводят к необходимости применять различные транспортно-технологические схемы освоения лесных массивов. Теоретические основы освоения лесосырьевых баз лесозаготовительных предприятий заложены в трудах ученых В. И. Алябьева, Б. А. Ильина, Б. И. Кувалдина, В. А. Горбачевского, В. К. Курьянова, И. И. Леоновича и др. Они выделяют три транспортно-технологические схемы: сеть дорог по структуре и качеству сравнительно однородна, низших категорий; вывозка лесоматериалов осуществляется одним транспортным средством (бестрелевочная вывозка); структура дорожной сети менее однородна; выделяются магистрали, ветки и усы; для транспортировки лесоматериалов по лесосекам

прокладываются волоки; транспорт в целом состоит из двух технологических элементов – трелевки и вывозки; в структуре дорожной сети еще в большей степени наблюдается разница между качеством отдельных ее элементов; имеются магистрали, грузосборочные дороги, ветки, усы и волоки; транспорт включает операции: трелевка, подвозка и вывозка.

Таким образом, при размещении дорожно-транспортных сетей невозможно в полной мере учесть все факторы, влияющие на принятие решения. Поэтому предлагается использовать современные и прогрессивные методы и системы для проектирования и оптимизации лесотранспортных сетей.

Анализ современных процессов автоматизации проектирования показывает, что ни автоматизация инженерных расчетов, ни автоматизация чертежных работ не привели к существенному повышению качества проектов, не уменьшили сроки проектирования. Качество в автоматизации проектных работ обеспечивается разработкой систем автоматизированного проектирования.

**Система имитационного моделирования на основе ГИС.** Проблема автоматизации проектирования практически во всех отраслях в настоящее время решается комплексно в следующих направлениях. Технологическом, включающем разработку структур баз данных, систем управления базами данных, операционных систем, управляющих программ. Концептуальном, включающем обобщения опыта проектирования, отработку системы принципов проектирования. Методологическом, определяющем процесс проектирования и проектируемых программ на основе современных средств вычислительной техники и методов системного проектирования. Теоретическом, включающем задачу декомпозиции объекта проектирования, анализ общего проектного решения, построение модели функционирования объекта.

В системе автоматизированного проектирования лесных дорожно-транспортных схем одно из важнейших мест должна занять (как со-

ставная часть) система имитационного моделирования процесса размещения проектируемой сети путей, определяющая основные транспортно-эксплуатационные показатели по принимаемым проектным решениям.

Схемы интенсивного освоения земель лесного фонда, зоны промышленных лесозаготовок должны предусматривать наиболее экономичное обеспечение путями транспорта всего комплекса лесоэксплуатационных и лесохозяйственных работ в пределах территорий земель лесного фонда лесозаготовительных предприятий на расчетный период и перспективу с распределением затрат на строительство дорог по лесопользователям.

На площадях расчетного периода, в пределах участков лесного фонда, находящихся в ведении лесозаготовительных предприятий, комплекс лесохозяйственных работ должен выполняться в основном на базе использования сети лесовозных дорог.

Для обеспечения соответствия уровня интенсивности лесного хозяйства уровню эксплуатации лесных массивов в пределах существующего лесного фонда лесозаготовительных предприятий необходимо предусматривать:

- строительство новых лесотранспортных путей, обеспечивающих транспортную доступность необлесившихся вырубок, гарей прошлых лет и других площадей фонда лесовосстановления древостоев, требующих проведения рубок промежуточного пользования;

- строительство дорог противопожарного назначения за пределами площадей расчетного периода на территории наземной охраны лесов;

- соответствующий режим эксплуатации, ремонта и поддержания в нормальном состоянии той части автомобильных лесовозных дорог, которые будут необходимы для проведения лесохозяйственных работ после завершения промышленных рубок;

- реконструкцию для использования в лесопромышленных целях зимних автомобильных дорог, технологических путей на площадях рубок прошлых лет и после проведения рубок ухода за лесом, т. е. предусматривать повторное использование данных путей для будущих рубок леса;

- выделение в зону зимней вывозки древесины участков лесных массивов с неустойчивыми и заболоченными грунтами, а также рассредоточенными слабоконцентрированными запасами древесины, требующие для освоения большой протяженности и разветвленности путей.

Освоение зон зимней вывозки лесозаготовительных предприятий должно гарантировать транспортную доступность этой территории в периоды проведения лесохозяйственных работ

(лесовосстановительных, противопожарных, рубок ухода за лесом и т. д.).

**Методика размещения и оптимизация лесотранспортных путей.** Основными задачами транспорта и транспортного освоения лесного фонда являются:

- объединение рассредоточенных по землям лесного фонда отдельных работ, объектов и сооружений в единое нормально функционирующее производство;

- обеспечение круглогодичной ритмичной работы лесничеств, лесопользователей всех форм и видов пользования;

- создание наиболее благоприятных условий работы транспортных средств, повышение их производительности, снижение себестоимости перевозок и повышение в целом эффективности осваиваемых земель лесного фонда.

Для реализации данных задач необходимо наличие достаточно разветвленной сети транспортно-технологических путей, которая обеспечила бы непрерывную лесохозяйственную и лесопромышленную деятельность предприятий лесного комплекса. Так как строительство такой сети требует больших материальных и денежных средств, то необходимо тщательно прорабатывать проектные решения по размещению дорожно-транспортной сети.

Эти затраты могут быть оправданы лишь снижением стоимости перевозок и сокращением производственных расходов, но тогда необходимо оптимальное сочетание этих взаимосвязанных процессов, чтобы в конечном результате их различная эффективность дала наибольшую эффективность в целом.

Для лесного хозяйства хорошая транспортная сеть всегда выгодна, так как, с одной стороны, становятся более доступными ценные лесные ресурсы и обеспечивается более эффективное их использование, а с другой – улучшается маневренность лесохозяйственного транспорта, повышается его производительность, снижаются затраты на его содержание и, как результат, повышается эффективность работы транспорта и всего лесного хозяйства.

Поэтому на основании вышеизложенных положений предложена методика проектирования и оптимизации дорожно-транспортной сети с применением геоинформационной системы «Лесные ресурсы» и компьютерной системы имитационного моделирования «Лесотранспортная сеть». Данная методика проектирования и оптимизации лесотранспортной сети основана на методе имитационного моделирования, что позволяет вести вариантное проектирование схем освоения лесного массива, вносить в процессе проектирования изменения в исходные данные, изменять параметры проектируемой сети. Алгоритм реализации данной методики представлен на (рис. 1).



Рис. 1. Алгоритм проектирования и оптимизации лесотранспортной сети

Анализ лесного массива, для которого необходимо запроектировать лесотранспортную сеть, производится по имеющейся в ГИС «Лесные ресурсы» повыведельной базе данных, в которой представлены таксационные показатели, полученные при лесоустройстве (рис. 2). На основании анализа принимаются решения по очередности освоения участков лесного массива, а также учитываются перспективные направления в лесозаготовках.

Площадь участка	Площадь выдела	Лесоса	Лесосток	Категория заповедности	Административный район	Лесохозяйственная база	Рельеф	Функциональная зона	Год заготовки			
53	22	Курское	Курское	Эксплуатационные леса	Курское	нет	нет	0	33			
Плодородие	Эксплуатация	Площадь выдела	Средняя влажность	Климатическая	ОЗЗ	Эксплуатация	Курское	ВМД	Зоркая	Степень	Универсальный	Эксплуатация
1	4	Масляк ил. 0.2	Масляк восточный про. ил.	нет	нет	0	нет	нет	нет	нет	нет	3
Имя РПЗ	Плодородность	Имя РПЗ	Соотношение	Имя РПЗ	Средняя влажность	Бонитет	Тип леса	ГМ	Газыбор	Климатическая	Климатическая	Климатическая
0	нет	0	нет	0	нет	Бома	14	Кислотный.22	0	0	0	0
В типе леса сосны	Диаметры	Тип выдела	Запас заповедности	В типе леса березы	Запас старого роста	Прямая высота	Г. высота	Группа возраста	Запас на вы			
0	нет	0	нет	0	0	0	0	4	326			
Условный	Код по цвету рубки	Класс возраста										
0	0	0										

Рис. 2. Структура повыведельной базы данных ГИС «Лесные ресурсы»

Анализ существующей лесотранспортной сети производится на основании картографической базы данных ГИС «Лесные ресурсы». Исходя из данного анализа принимаются проектные решения о необходимости реконструкции существующих транспортно-технологических путей (рис. 3), технологических путей, которые использовались для проведения рубок ухода за лесом, а также о проектировании новых лесотранспортных путей [1].

Предварительное размещение вариантов транспортно-технологических путей производится с использованием компьютерной системы имитационного моделирования «Лесотранспортная сеть» на основании разработанных алгоритмов по размещению лесотранспортных путей различной иерархии [2].



Рис. 3. Существующий магистральный путь в лесном массиве в ГИС «Лесные ресурсы»

При проектировании дорожно-транспортных сетей в компьютерной системе имитационного моделирования «Лесотранспортная сеть» производится размещение лесотранспортной сети либо отдельных путей (веток, усов). Данная система на основании метода имитационного моделирования позволяет запроектировать несколько вариантов путей освоения лесного массива лесохозяйственного предприятия с последующей оптимизацией и выбором оптимального варианта расположения лесотранспортной сети.

Для выбора наилучшей системы размещения лесовозных путей с использованием метода имитационного моделирования при сравнении вариантов по приведенным затратам по каждому варианту необходимо определить инвестиции и эксплуатационные расходы на вывозку древесины, величина которых зависит от следующих основных оценочных параметров:

- длины магистральных путей в пределах массива;
- общей протяженности веток, необходимых для освоения данного лесного массива;
- общей протяженности соединительных путей, необходимых для соединения (в виде разветвлений и ответвлений) всех участков веток в единую дорожную сеть;
- средневзвешенного расстояния вывозки леса по магистральным путям, веткам и усам;
- общего объема перевозок ( $Q_T$ );
- грузовой работы транспорта ( $\Gamma$ );
- себестоимости перевозок ( $C_T$ );
- некоторых других параметров, специфических для той или иной системы.

Практика проектирования и эксплуатации автомобильных дорог показывает, что самая экономичная не та дорога, на строительство которой затрачено меньше средств, а та, которая дает наибольший возврат средств по отношению к затраченным суммам.

**Критерии экономической эффективности.** Критерий общей экономической эффективности применяется для обоснования всей суммы затрат на строительство путей транспорта лесхоза, леспромхоза, лесничества или отдельного лесного массива. При этом учитывается часть эффекта, получаемого на транспорте, связанная с существующими единовременными затратами на строительство дорог, а также ежегодный экономический эффект, получаемый от ликвидации потерь на производство, которые имели место до начала строительства этих дорог.

Общая экономическая эффективность единовременных затрат на строительство лесотранспортной сети ( $\mathcal{E}_{лс}$ ) за определенный период рассчитывается по формуле [3]

(1)

где  $\mathcal{E}_{лс}$  – показатель общей экономической эффективности;  $\Pi_{д}$  – годовой экономический эффект от эксплуатации, обусловленный единовременными затратами на строительство этой сети;  $K$  – единовременные затраты на строительство дорожно-транспортной сети.

При обосновании всей суммы единовременных затрат ( $K$ ) на дорожное строительство необходимо учитывать сеть дорог на перспективу по всей территории лесхоза и отдельной зоны тяготения с выделением в первую очередь строительства одной или группы дорог в зависимости от условий развития производства на осваиваемой территории.

Общая величина эффекта, связанного со строительством дорожно-транспортной сети, определяется по формуле

$$\Pi_{д} = \Pi_{о} + \Pi_{с} + \Pi_{эф}, \quad (2)$$

где  $\Pi_{о}$  – часть эффекта, соответствующего выполненной транспортом грузовой работе;  $\Pi_{с}$  – часть эффекта, учитывающего существующие условия перевозок транспортной продукции;  $\Pi_{эф}$  – сопутствующий эффект – прирост эффекта в других фазах лесохозяйственного производства, вызванного новыми, лучшими условиями перевозок

Затраты эффективны, если  $E_{лд} > E_{а}$ , где  $E_{а}$  – норматив общей экономической эффективности, равный 0,1.

После окончательных расчетов и обоснования принятых проектных решений производятся окончательные оптимизация и размещение

принятого варианта сети лесотранспортных путей (рис. 4).

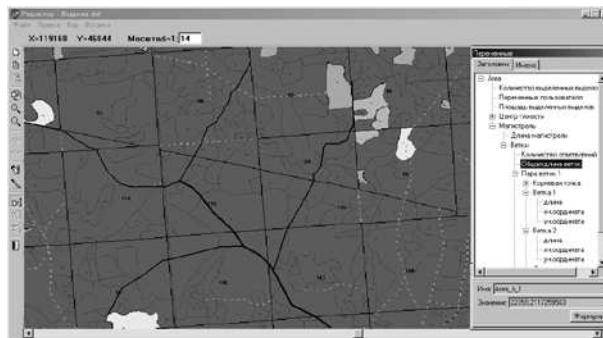


Рис. 4. Построение транспортной сети лесного массива

Таким образом, с применением компьютерной системы имитационного моделирования «Лесотранспортная сеть» мы получаем лесотранспортную сеть, затраты на ее строительство и эксплуатацию, а также затраты на реконструкцию существующей лесотранспортной сети.

**Заключение.** При проектировании и размещении лесотранспортных путей необходим комплексный подход с применением систем автоматизированного проектирования и оптимизации данных путей. Правильности принятия решений зависит от объективности исходных данных, квалификации проектировщика, а также способов и методов проектирования.

Поэтому разработанный алгоритм проектирования и оптимизации лесотранспортной сети позволяет на каждом этапе проектирования вносить изменения в текущие параметры, проверять объективность исходных данных, вести вариантное проектирование и оптимизацию сети путей в реальном времени, используя все преимущества автоматизированного проектирования и геоинформационных систем.

## Литература

1. Лыщик, П. А. Способ проектирования лесных дорог на основе геоинформационных систем / П. А. Лыщик, Ю. Ф. Капыш // Труды БГТУ. Сер. II, Лесная и деревообраб. пром-сть. – 2004. – Вып. XII. – С. 20–22.
2. Лыщик, П. А. Имитационное моделирование оптимальной структуры транспортной сети лесохозяйственного предприятия на основе технологических схем рубок ухода / П. А. Лыщик, Н. И. Гурин, Ю. Ф. Капыш // Труды БГТУ. Сер. II, Лесная и деревообраб. пром-сть. – 2005. – Вып. XIII. – С. 31–35.
3. Методика экономического обоснования строительства и развития дорожной сети предприятия лесного хозяйства. – М.: Гослесхоз, 1985. – 173 с.