

## Обоснование оптимальных планов заготовки и вывозки леса

В. И. Скрыпник<sup>1</sup>,  
А. В. Кузнецов,  
В. Н. Баклагин

*Петрозаводский государственный университет*

### АННОТАЦИЯ

Представлена методика расчета оптимальных планов заготовки и вывозки леса на предприятии, работающем по сортиментной технологии лесозаготовок. Результаты позволят снизить издержки производства и повысить рентабельность предприятия.

**Ключевые слова:** лесосека, лесосырьевая база, природно-производственные факторы, первичный транспорт леса, транспортная сеть, минимизация затрат.

### SUMMARY

Present the method for determining the optimal plan wood harvesting and hauling on logging enterprise. The method is recommended for use in enterprises applying cut-to-length logging. The method use will reduce costs and increase profitability for enterprise.

**Keywords:** logging area, base of forest resources, natural factors of production, primary wood transport, network transportation, costs.

В рамках решения комплекса задач по оптимизации процесса транспортно-технологического освоения лесосырьевой базы [2, 4, 5] необходимо разработать методику, алгоритм и программу расчета оптимальных планов заготовки и вывозки леса на предприятии, работающем по сортиментной технологии лесозаготовок.

В настоящее время при заготовке леса в соответствии с планом рубок определен перечень участков, отведенных на год. Кроме того, известен объем вывозки леса каждому потребителю с учетом сортиментной структуры и планируемого общего объема заготовки и вывозки леса лесозаготовительным предприятием. Необходимо определить очередность освоения и вывозки леса потребителям при минимальных затратах с учетом следующих факторов. Часть лесосек по природно-производственным условиям (несущей способности грунтов, рельефу) может разрабатываться только в зимнее время. Так как вывозка леса осуще-

ствляется по дорогам различных категорий, для каждой действующей дороги задаются ее местоположение, категория, нормативные скорости, сезонность действия. Все указанные категории дорог могут быть зимнего и круглогодичного действия. Для каждой запланированной к строительству в рассматриваемый период дороги вводят стоимость строительства 1 км дорог (усов, веток) зимнего и круглогодичного действия с учетом несущей способности грунтов (категория местности по условиям проходимости). Учитывают нормативы для определения затрат на содержание находящихся в эксплуатации дорог; для каждой делянки: координаты, площадь, объем леса, породный состав, средний объем хлыста, тип леса, а также другие факторы в соответствии с типизацией природно-производственных условий (тип леса, тип и несущая способность грунтов, условия увлажнения, процент заболоченности, рельеф); технические характеристики машин и комплексов машин для производства лесосечных работ. На основе формализованных зависимостей определяют производительность комплексов машин для заготовки леса с учетом размеров лесосек, несущей способности грунтов, расстояния трелевки; количество сезонов и объем заготовки леса в каждом сезоне. Помимо этого необходимо учесть: количество потребителей; объем сортиментов определенного назначения, которые необходимо поставить каждому потребителю за расчетный период и сезон; диапазоны сезонов.

При освоении годового и сезонного объема леса следует рассчитывать и минимизировать следующие виды расходов. Затраты на освоение лесосеки для зимнего, осеннего и летнего периодов ее освоения с учетом производительности и технико-экономических показателей работы лесозаготовительных машин и комплексов машин в конкретных природно-производственных условиях. Затраты на строительство временных дорог до отведенной лесосеки с учетом периода их действия (зима, круглогодично). Затраты на вывозку леса потребителям с учетом их потребности, отраженной в соответствующих договорах, и затраты на вывозку леса (в основном дров) местному населению. Затраты на транспортировку леса к местам складирования леса на промежуточных складах у дорог круглогодичного действия, на период, когда директивно запрещается вывозка леса автопоездами с целью обеспечения сохранности покрытий и оснований дорог. Затраты на содержание дорог. Затраты на перемещение техники в течение сезона.

На первом этапе для каждой делянки определяются для зимнего и летнего периода освоения затраты на трелевку леса к погрузочным пунктам, непосредственно примыкающим к ней. Затраты на строительство усов, транспортировку по ним автопоездами ( $C_1$ ), а также затраты на прокладку магистрального волока до погрузочного пункта у построенной ранее дороги и трелевки по магистральному волоку до него ( $C_2$ ).

Если  $C_1 < C_2$ , то до лесосеки эффективно строительство уса и вывозка леса автопоездами. Далее рас-

<sup>1</sup> Авторы – соответственно заведующий лабораторией технологии лесосечных работ и транспорта леса КарНИИЛПК (ПетрГУ), доцент кафедры технологии и оборудования лесного комплекса, младший научный сотрудник Института водных проблем Севера КарНЦ РАН.

считается целесообразность продолжения уса в пределы лесосеки с одновременным уменьшением расстояния трелевки.

Все расчеты производятся для зимних и летних условий освоения лесосеки с учетом затрат на трелевку, строительство временных дорог и перевозку леса по ним, прокладку магистральных волоков и трелевку леса по ним. Для дальнейшего рассмотрения применительно к каждой лесосеке выбирается вариант с наименьшими затратами на освоение лесосеки и строительство временных дорог. Соотношение затрат на первичную транспортировку при освоении лесосеки в базовом варианте и варианте с продолжением усов внутри лесосеки во многом зависит от ее конфигурации и размеров. Затем для каждой лесосеки или группы делянок, привязанной к одному строящемуся усу, определяется разность затрат между летним и зимним способом освоения лесосеки с учетом строительства усов и коэффициента  $k$ :

$$k = \frac{C_l - C_z}{C_l}, \quad (1)$$

где  $C_l$  – затраты на освоение лесосек, строительство усов и доставку сортиментов к погрузочной площадке в летний период, руб;

$C_z$  – затраты на освоение лесосек, строительство усов и доставку сортиментов к погрузочной площадке в зимний период, руб.

Чем меньше значение  $k$ , тем больше преимущества имеет в соответствующей лесосеке заготовка леса в летнее время. Например, при равнинном рельефе и хорошей несущей способности грунтов  $k=0,21-0,4$ ; при равнинном рельефе и низкой несущей способности грунтов  $k=0,5-0,8$ ; при пересеченном рельефе и хорошей несущей способности грунтов  $k=0,1-0,2$ ; при пересеченном рельефе и низкой несущей способности грунтов  $k=0,6-0,8$ .

По опыту многолетних наблюдений и работы лесозаготовительных предприятий определяется перечень лесосек (делянок), которые необходимо отнести к зимним и следует в первую очередь осваивать в зимний период (примерно 40-50 % отведенного в рубку леса). Остальные лесосеки осваиваются в летний и осенний период. Освоение части этих лесосек, особенно в период избыточного увлажнения, расположенных на участках с низкой несущей способностью грунтов (третий тип местности), может быть затруднено. Облегчить освоение лесосек на участках с низкой несущей способностью грунтов можно применением комплексов машин, имеющих в своем составе машины для транспортировки леса с ходовой системой повышенной проходимости, в частности с гусеничным двигателем.

Следующим этапом оптимизации является выбор для каждой летней лесосеки комплекса машин (из имеющихся на предприятии) и технологических схем работ лесосеки, обеспечивающих ее освоение с

наименьшими затратами. Затем определяются оптимальные маршруты для вывозки леса потребителям. Для этого с учетом имеющейся схемы транспортных путей и их показателей определяется наиболее выгодный вариант вывозки всего запланированного объема сортиментов с учетом обеспечения потребностей потребителей в объемах леса и его сортиментной структуре.

Ввиду того, что заказчики (потребители) используют различные виды лесопродукции (например, лесопильные комбинаты – сосновый, еловый и березовый пиловочник; целлюлозно-бумажные комбинаты – еловые, сосновые или березовые балансы; дровяная древесина используется населением для отопления и сжигается в муниципальных котельных и котельных различных предприятий), оптимизировать процесс вывозки по суммарным объемам поставляемого всем предприятиям леса не представляется возможным. Оптимизацию процесса транспортировки леса следует производить по каждому виду продукции.

Задача определения плана перевозок лесоматериалов (пиловочник, баланс, дрова) с лесосечных пунктов в пункты их потребления оптимальным маршрутом сводится к постановке и решению транспортной задачи (задача Монжа – Канторовича). На основании этой задачи построена математическая модель, в которой оптимальность маршрута характеризуется критерием минимальной стоимости перевозки лесной продукции. Расстояние транспортировки между лесосечными пунктами и пунктами потребления, стоимость перевозки на один километр дороги для каждого вида продукции, а также вырабатываемые и потребляемые объемы лесной продукции задаются условиями задачи. Общий план перевозок различных видов лесной продукции строится на основании решений нескольких задач для каждого из этих видов. Число этих задач зависит от количества видов рассматриваемых лесоматериалов. Для каждой задачи необходимо найти решения систем уравнений, в которых количество уравнений зависит от количества пунктов-потребителей и пунктов, вырабатывающих лесную продукцию.

Таким образом, для нахождения общего плана перевозок различных видов лесной продукции необходимо решить соответствующее количество аналогичных задач для каждого из видов согласно предложенным системам уравнений. При этом вывозка леса из летней лесосеки может производиться только по дорогам круглогодочного действия, из зимней – по дорогам зимнего и круглогодочного действия с учетом обеспечения потребностей потребителей.

Оптимизация транспортного освоения лесосек и процесса вывозки леса потребителям производится раздельно для зимней и летней зоны освоения. Первоначально производятся расчеты для летней зоны освоения. При этом, чтобы при расчетах перевозок не включались дороги зимнего действия, используются запрещающие стоимости (удельные транспортные затраты на дорогах зимнего действия, заведомо пре-

вышающие допустимые пределы). После этого производится оптимизация перевозок из зимней зоны освоения. В зоне летнего освоения участки с низкой несущей способностью грунтов (имеющие наиболее высокий коэффициент  $k$ ) осваиваются в период с минимальным увлажнением. Остальные участки с высокой несущей способностью грунтов, соответствующие первому и второму типу местности, осваиваются в период избыточного увлажнения – весной и осенью. Внутри каждого временного интервала порядок освоения делянок определяется по минимуму длины дорог, находящихся в одновременной эксплуатации, а точнее, по минимуму затрат на содержание дорог. Для этого для каждого этапа освоения годичного лесфонда производится варьирование количества лесосек, находящихся в одновременной эксплуатации, а также количества и протяженности дорог, находящихся в одновременной эксплуатации, и затрат на содержание дорог.

После выбора для каждой лесосеки системы машин, обеспечивающей ее освоение с наименьшими затратами, определяется время работы комплекса до полного освоения всего запаса леса в лесосеке, кроме этого, учитываются протяженность дорог и затраты на перемещение техники и ее содержание. Затем комплексы последовательно по мере освоения лесосек перемещаются в другие лесосеки (проводятся те же расчеты). По этой схеме вычисления производятся до окончания всего запаса, который предусмотрено заготовить в рассматриваемый период. Для дальнейших расчетов определяются варианты очередности освоения лесосек с наименьшими затратами на содержание дорог, запланированных к использованию в планируемый период, и затратами на перемещение техники.

После производства данных расчетов определяются по каждому периоду освоения лесосырьевой базы (зимней и летней) суммарные затраты на заготовку леса, строительство временных дорог, вывозку леса, содержание дорог с учетом выполнения запланиро-

ванных поставок леса потребителю. При этом обеспечиваются оптимальные объемы вывозки по сезонам года (зима, весна, лето, осень) с использованием дорог круглогодичного и зимнего действия, очередности освоения лесосек и вывозки леса потребителям в запас местному населению, как при прямой, так и при двухступенчатой вывозке.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алябьев В. И. Оптимизация производственных процессов на лесозаготовках – М.: Лесная промышленность, 1977. – 232 с.
2. Кузнецов А. В., Скрыпник В. И., Шегельман И. Р. Метод снижения затрат на транспортировку древесины по путям первичного транспорта леса // Наука и бизнес: пути развития. – № 1 (07). М.: Фонд развития науки и культуры, 2012. – С. 62-65.
3. Рекомендации по организации и планированию освоения разрозненных лесосек / Всесоюзное лесопромышленное объединение «Кареллеспром», Карельский научно-исследовательский институт лесной промышленности. – Петрозаводск, 1978. – 112 с.
4. Скрыпник В. И., Кузнецов А. В. Обоснование целесообразности строительства временных лесовозных дорог (усов) // Актуальные проблемы лесного комплекса / под общей редакцией Е. А. Памфилова: Сборник научных трудов по итогам международной научно-технической конференции. Выпуск 30. – Брянск: БГИТА, 2011. – С. 168-171.
5. Скрыпник В. И., Кузнецов А. В., Ратманова Ю. А. Способы минимизации затрат на первичный транспорт леса // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. Серия: Естественные и технические науки. – № 4 (125). – Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2012. – С. 98-101.