

УДК 630*614

А. И. Хотянович, ассистент (БГТУ);

А. С. Федоренчик, канд. техн. наук, доцент, проректор по учебной работе (БГТУ)

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ РАЦИОНАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ ЛЕСОПОЛЬЗОВАНИЯ

В статье рассматривается разработанный авторами комплекс программ для создания условий эффективного освоения лесосечного фонда. Программное обеспечение реализует следующие этапы: прогноз параметров рубок главного и промежуточного пользования на ревизионный период; создание вариантов совместного проведения рубок главного и промежуточного пользования в кварталах; территориальное планирование мест рубок и распределение их по годам ревизионного периода; формирование рациональных условий трелевки сортиментов.

The article deals with author's program system for effective logging planning. This software support realizes the following stages: thinning and regeneration harvesting parameters forecast; creation of variants to joint organization of various kind of forest utilization in every forest quarter; geographical and annual distribution of cutting areas; making an effective conditions of CTL skidding.

Введение. С развитием информационных технологий и использованием их в лесном комплексе страны появляется возможность реализации разрабатываемых методик в виде программных приложений, что упрощает процесс последующего их внедрения.

В отрасли создана и функционирует информационная система управления лесным хозяйством (ИСУЛХ). В качестве ее структурных элементов разрабатываются и внедряются программы оптимизации размера главного и промежуточного пользования [1, 2]. В то же время задачи лесозаготовки характеризуются крайне низким уровнем автоматизации и, как следствие, отсутствием возможности оперативного управления лесозаготовительным процессом. Зарубежные научно-исследовательские центры совместно с крупными лесозаготовительными компаниями создают информационные системы выбора эффективных технологий лесосечных работ, управления парком машин лесозаготовительного предприятия [3], исследуют схемы транспортного освоения лесных территорий [4–6], разрабатывают методы оценки объемов вторичных древесных ресурсов как возобновляемого источника энергии [7]. В исследованиях такого плана широко используется компьютерное моделирование и ГИС-анализ.

Производители многооперационных лесозаготовительных машин устанавливают на харвестеры, форвардеры, валочно-пакетирующие машины системы управления, которые автоматизируют процессы заготовки лесоматериалов, их транспортировки, диагностируют параметры работы машины и технологического оборудования, осуществляют обмен оперативной информацией между участниками лесопользования. Ведущие в мире компании лесного машиностроения Ponsse, Komatsu Forest, John Deere предлагают собственное офисное программное обеспечение для планирования и организации

эффективного лесопользования. Такие решения представляют большой интерес для отечественного лесного комплекса, однако их широкое применение потребует предварительной адаптации используемых методов к нашим производственным условиям, консультаций с зарубежными разработчиками по вопросам обучения пользователей и последующего сопровождения программных продуктов.

По заданию Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь в сотрудничестве с лесоустроительным республиканским унитарным предприятием «Белгослес» с 2006 года авторами проводились исследования по созданию комплексной системы оптимизации и повышения эффективности освоения лесосечного фонда. Результатом исследований является программный комплекс, информационной основой которого являются цифровые карты лесного фонда лесничеств, материалы электронной базы данных «Повыдельная характеристика лесов», параметры технологических процессов, по которым осуществляется лесопользование. Программы написаны на языке *MapBasic* и работают в географической информационной системе *MapInfo Professional* версии 7.5 и выше. Практическое применение данного программного комплекса предполагает последовательную реализацию нескольких этапов.

Этапы функционирования программного комплекса. *Прогнозирование параметров рубок на ревизионный период.* Для определения эксплуатационных характеристик древостоев (запас, прирост, полнота, возраст) и планирования на основании прогноза этих параметров лесохозяйственных мероприятий в отечественной и зарубежной практике применяются математические модели, в которых учитываются различные природные особенности исследуемых процессов [8–12]. Использование данных решений в выполняемой НИР не представлялось

возможным, так как эти и другие подобные исследования являются узконаправленными (математические зависимости устанавливаются для отдельных древесных пород, конкретных условий их произрастания). В свою очередь, в проводимых исследованиях должны были использоваться характеристики каждого таксационного выдела независимо от состава и формы древостоя, планируемого вида рубок и т. п.

Одной из задач выполняемой НИР являлась задача по определению числа лет ревизионного периода, в течение которых возможно проведение в каждом таксационном выделе планируемых рубок главного или промежуточного пользования. С этой целью на основании опубликованных в работе [13] алгоритмов для условий каждого выдела осуществляется сравнение расчетных значений возраста древостоя в каждый год ревизионного периода с нормативными величинами возраста начала и окончания рубки для этих условий, а также учитываются другие организационно-технические элементы планируемых мероприятий. В результате вычислений создается карта лесничества с обозначением выделов, в которых планируются различные рубки и сводная таблица значений возраста главной породы на выделе в различные годы ревизионного периода (рис. 1).

ForestCode	Num_vd	Area_vd	Num_kv	Area_kv	Y_2003	Y_2004	Y_2005
38 533	2	5,3	1	145	65	0	0
38 534	3	2,8	1	145	50	0	0
38 540	9	1,7	1	145	0	61	62
38 542	11	1	1	145	105	0	0
38 554	23	0,6	1	145	56	57	58
38 579	48	1,2	1	145	85	86	87
38 582	51	0,6	1	145	0	61	62

Рис. 1. Таблица значений возраста главной породы на выделе в различные годы ревизионного периода

С целью учета изменений, которые могут произойти в лесосечном фонде за 10 лет ревизионного периода (изменение вида рубки на выделе, исключение выдела из пользования, поступление в рубку нового выдела), разработана система пользовательских диалогов (рис. 2, а, в, г). Также существует возможность пересчета сформированных ранее итоговых таблиц по каждой рубке на любой год ревизионного периода (рис. 2, б).

Для рубок ухода предусмотрено выделение эксплуатационной части, т. е. выбираются лесосеки, в которых планируется проведение прореживания или проходной рубки, как категорий лесопользования, пригодных для механизированной разработки.

Как показано на рис. 2, для несплошных рубок главного пользования и рубок ухода в случае поступления в рубку новых выделов предусмотрены три варианта расчета. Вариант расчета

«Планировать рубку на весь период» подразумевает, что с учетом введенных через диалог значений числа приемов и их повторяемости программа начнет расчет с возраста рубки, который установлен нормативными документами. В случае выбора варианта расчета «Планировать прием в заданный год» указанный пользователем год рубки будет считаться годом проведения первого приема. Для условия расчета «Планировать рубку только в этот год» программа назначит рубку в указанный пользователем год, как и в случае сплошных рубок.

а

б

в

г

Рис. 2. Диалоги учета выполненных и планируемых лесосек и диалог пересчета параметров лесосек:

а – сплошные рубки; б – пересчет;

в – несплошные рубки; г – рубки ухода

Создание вариантов совместного проведения рубок главного и промежуточного пользования в квартале. В основе исследуемого направления

повышения эффективности лесосечных работ лежит идея концентрации лесосек [13].

С учетом существующих ограничений по площади и ширине лесосек возможен способ их концентрации путем увеличения числа одновременно осваиваемых лесосек в квартале. Для этого программа выполняет поиск всевозможных вариантов планирования сплошных рубок главного пользования в год проведения приемов несплошных главных рубок и рубок ухода. Такой подход является одним из трех вариантов расчета, который может выбрать пользователь всякий раз, когда программа начинает рассматривать очередной квартал. При этом варианте обеспечивается минимальное число лет освоения квартала в течение ревизионного периода.

Равномерный режим лесопользования характеризуется минимальным отклонением площади ежегодно разрабатываемых лесосек от среднего значения площади лесопользования в квартале за весь период его освоения. Предлагаемый вариант является эколого-ориентированным, так как максимально возможное число лет территории квартала находится под пологом леса. Равномерно-концентрированный режим лесопользования подразумевает на первом этапе выбор сплошных рубок, для которых число лет освоения квартала будет минимальным, далее уже с учетом параметров несплошных рубок формируется выборка, удовлетворяющая условию равномерного лесопользования. Диалог выбора режима лесопользования представлен на рис. 3.

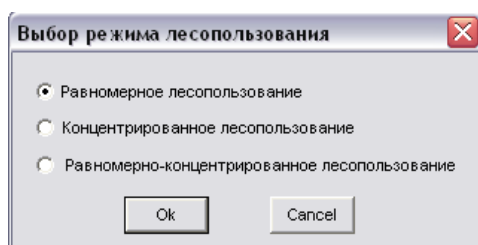


Рис. 3. Диалог выбора режима лесопользования

Обязательным условием является выбор одного режима для всех кварталов, в которых планируется лесопользование. Другой режим может быть задан после того, как будет завершен расчет по предыдущему варианту.

В соответствии с выбранным вариантом лесопользования формируется таблица, в которой для каждого выдела указывается год его освоения (рис. 4). Такая информация может быть представлена на карте лесфонда лесничества. На каждом выделе поступления его в рубку можно указать цифрой или обозначить цветом.

Практика подобных расчетов показывает, что в квартале, как правило, формируются несколько вариантов одного режима лесопользо-

вания. В то же время анализ взаимного расположения лесосек показывает, что часто они размещаются на границе соседних кварталов, а рассматриваемый расчет ведется поквартально. Для исследования лесосек, которые находятся в соседних кварталах, на предмет поступления их в рубку в один год разработан метод формирования плана рубок в лесфонде лесничества.

Variants_kv	ForestCode	Num_vd	Area_vd	Num_kv	Area_kv	CutYear	Вид_рубки
<input type="checkbox"/>	4	39 766	29	4,3	25	102	2 003 несплошная
<input type="checkbox"/>	4	39 766	29	4,3	25	102	2 006 несплошная
<input type="checkbox"/>	4	39 766	29	4,3	25	102	2 009 несплошная
<input type="checkbox"/>	4	39 766	29	4,3	25	102	2 012 несплошная
<input type="checkbox"/>	4	39 744	7	0,9	25	102	2 004 несплошная
<input type="checkbox"/>	4	39 744	7	0,9	25	102	2 008 несплошная
<input type="checkbox"/>	4	39 748	11	9,2	25	102	2 005 несплошная
<input type="checkbox"/>	4	39 748	11	9,2	25	102	2 009 несплошная

Рис. 4. Таблица характеристик выделов с указанием года поступления их в рубку

Создание плана рубок. Предлагаемый метод создания плана рубок в лесфонде лесничества основан на оценке тяготения лесосек к дорогам. Количественно примыкание лесосек к дорогам оценивается показателем удельной протяженности участков лесотранспортной сети [14]. На начальном этапе прорисовывается на карте сеть дорог, причем, обозначив отдельный участок, следует выбрать лесосеки, которые к нему тяготеют. Далее следует заполнить диалог, в котором необходимо выбрать тип рассматриваемой дороги, вариант маршрута, а также указать, следует ли использовать информацию о дороге в дальнейших расчетах (рис. 4).

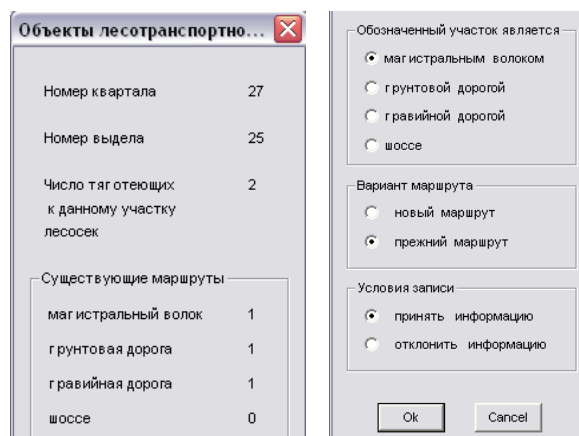


Рис. 4. Диалог выбора параметров для создаваемого на карте участка дороги

В том случае, если создания второго и последующих маршрутов трелевки (вывозки) для конкретной лесосеки целиком используется участок первого маршрута, в разделе диалога «Условие записи» следует выбрать пункт «отклонить информацию». На последующих этапах

выполняется расчет протяженности всего маршрута транспортировки лесоматериалов из каждой лесосеки и по типам дорог на конкретном маршруте (рис. 5).

Num_vd	Area_vd	Num_kv	Волок	Грунтовая	Гравийная	Шоссе	Маршрут
2	3,0	25	86,08	973,31	3 121,46	0,00	4 180,85
7	0,8	25	365,50	0,00	3 121,46	0,00	3 486,96
9	2,0	25	67,70	1 099,99	3 121,46	0,00	4 289,15
11	9,2	25	100,82	673,81	3 121,46	0,00	3 896,09
22	0,9	25	119,55	0,00	3 121,46	0,00	3 241,01
29	4,3	25	656,88	513,99	3 121,46	0,00	4 292,34
32	1,0	25	54,23	479,81	3 121,46	0,00	3 655,50
2	1,0	27	62,59	513,99	3 121,46	0,00	3 698,04

Рис. 5. Привязка лесосек к дорогам

Далее определяется удельная протяженность дорог, необходимых для освоения лесосек в каждый год ревизионного периода. Этому расчету предшествует создание всевозможных межквартальных комбинаций среди вариантов выбранного режима лесопользования. Так, комбинация «25.2_27.3_34.1_35.1» свидетельствует о том, что для проектируемого режима лесопользования, например равномерного, используется второй вариант сочетания лесосек в двадцать пятом квартале, третий вариант в двадцать седьмом квартале и первые варианты в тридцать четвертом и тридцать пятом кварталах. Для простоты последующих вычислений каждой такой комбинации присваивается порядковый номер и в каждый год ревизионного периода определяется значение удельной протяженности лесовозных дорог. По данному критерию через предлагаемый диалог создается оптимальный план рубок. Пользователь может указать на поиск минимального значения густоты дорожной сети в какой-либо конкретный год или найти такое значение этого показателя за весь исследуемый период планирования лесопользования (рис. 6).

Рис. 6. Диалог выбора условия формирования оптимального плана рубок

При наличии нескольких вариантов плана рубок, удовлетворяющих первому критерию, производится расчет показателя концентрации лесосек в лесфонде лесничества и выбирается вариант с максимальным его значением.

Завершающим этапом расчета является представление результата на карте лесфонда лесничества и формирование таблиц распределения лесосек по годам ревизионного периода.

Формирование рациональных условий трелевки сортиментов. Последовательность решения задачи определения рационального места размещения погрузочного пункта при заготовке (трелевке) сортиментов форвардерами представлена в работе [15]. Ниже приводятся разработанные на завершающем этапе исследований варианты организации данного расчета. Посредством системы пользовательских диалогов осуществляется ввод характеристик разрабатываемого древостоя и выбор вариантов технического оснащения трелевочных машин (рис. 7), а также задаются условия организации труда на конкретной лесосеке (рис. 8).

Рис. 7. Диалог ввода характеристик разрабатываемой лесосеки и выбора трелевочной машины

Рис. 8. Диалог выбора условий организации труда на конкретной лесосеке

Расчет может быть выполнен для машин отечественного производства (МЛПТ-364, МЛ-131, МЛПТ-354М, МПТ-461.1, АМКОДОР-2661) и форвардеров финской компании Ponsse (ELEPHANT, BUF-FALOKING, BUFFALO, BUFFALO

DUAL, ELK, WISENT, GAZELL). Тип двигателя предлагается колесный, либо комбинированный. Также следует указать планируемую выработку на трелевочную машину. По завершении расчета с использованием данных диалога на рис. 7 программа определит нагрузку на рейс форвардера, значение которой можно уточнить в диалоге на рис. 8. Здесь же выбирается продолжительность смены (7, 8 или 12 ч).

Как показано на рис. 8, через представленный диалог можно изменить параметры расчета, т. е. вернуться к диалогу рис. 7.

В том случае, если место размещения погрузочного пункта будет указано пользователем, через диалог, представленный на рис. 9, можно выбрать одно из двух предлагаемых условий расчета: использовать ранее заданные параметры древостоя и форвардера или же ввести новые.

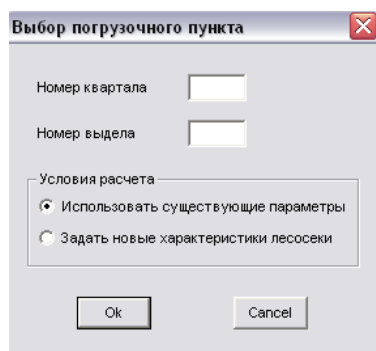


Рис. 9. Диалог выбора условий расчета параметров трелевки сортиментов в случае выбора места размещения погрузочного пункта пользователем

В случае выбора условия «Задать новые характеристики лесосеки» перерасчет начинается с заполнения диалога, представленного на рис. 7. В процессе формирования маршрутов трелевки сортиментов на промежуточный склад рекомендуется учитывать расположение соседних лесосек с целью планирования трелевки с различных участков лесопользования на один погрузочный пункт. Это позволит сократить затраты на создание новых мест штабелевки сортиментов, последующую их уборку после разработки лесосек, а также снизить среднее расстояние вывозки лесоматериалов потребителям.

Заключение. Представленный в данной работе комплекс программ благодаря возможности осуществления непрерывного учета выполненных и планируемых к разработке лесосек может использоваться на различных этапах процесса планирования и организации лесопользования: при обработке материалов лесоустраительного проектирования с целью прогнозирования на ревизионный период мест

рубок и формирования на этой основе ежегодных планов рубок с созданием соответствующего картографического и пояснительного материала; в производственном процессе лесохозяйственных и лесозаготовительных предприятий, позволяя проектировать режимы лесопользования, соответствующие конкретным целям, формировать схемы транспортного освоения лесных территорий, ориентированные на снижение затрат при строительстве и содержании лесовозных дорог; контролирующими органами с целью оценки экологических и экономических последствий предпринимаемых действий.

Литература

1. Буй, А. А. Оптимизация размера главного пользования с использованием повыведельной базы данных на ПЭВМ: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 02.08.05 / А. А. Буй; Белорус. гос. технол. ун-т. – Минск, 1997. – 18 с.
2. Пушкин, А. А. Оптимизация главного пользования в сосновых лесах с использованием ГИС-технологий: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 02.08.05 / А.А. Пушкин; Белорус. гос. технол. ун-т. – Минск, 2004. – 21 с.
3. Герасимов, Ю. Ю. Геоинформационные системы / Ю. Ю. Герасимов, С. А. Кильпеляйнен, Г. А. Давыдков. – Йознсуу, 2001. – 201 с.
4. Suvinen, A. An off-road routing using GIS-analysis / A. Suvinen // Науковий Вісник: Лісова інженерія: техніка, технологія і довідкілля. – Львів: УкрДЛТУ, 2004. – Вип. 14.3 – С. 389–397.
5. Nevecerel, H. Traffic load of forest roads as a criterion for their categorization – GIS analysis / H. Nevecerel, T. Pentek, D. Picman, I. Stankic // Croatian Journal of Forest Engineering. – Zagreb: University of Zagreb. – 28(2007)1. – P. 27–38.
6. Ghaffarian, M. R. optimization of an existing forest road network using Network 2000 / M. R. Ghaffarian, H. Sobhani // Journal of Forest Engineering. – Zagreb: University of Zagreb. – 28(2007)2. – P. 185–193.
7. Yoshioka, T. Amount and availability of forest biomass as an energy resource in a mountainous region in Japan: GIS-based analysis / T. Yoshioka, H. Sakai // Journal of Forest Engineering. – Zagreb: University of Zagreb. – 26(2005)2. – P. 59–70.
8. Багинский, В. Ф. Лесопользование в Беларуси / В. Ф. Багинский, Л. Д. Есимчик. – Минск: Беларуская навука, 1996. – 367 с.
9. Никитин, А. Н. Моделирование древесного отпада в сосновых древостоях искусственного происхождения / А. Н. Никитин // Сб. науч. тр. ИЛ НАН Беларуси. – Гомель, 2003. – Вып. 57. – С. 70–73.

10. Рунова, Е. М. Моделирование естественного возобновления леса при рубках главного пользования с применением агрегатной техники / Е. М. Рунова, В. А. Савченкова // Актуальные проблемы лесного комплекса: сб. науч. тр. – Брянск: БГИТА, 2004. – Вып. 8. – С. 53–54.

11. Атрощенко, О. А. Исследование операций в лесохозяйственных задачах: учеб. пособие в 2 ч. / О. А. Атрощенко. – Минск: БТИ им. С. М. Кирова. – 1992. – Ч. 2. – 58 с.

12. Атрощенко, О. А. Модели и базы данных по лесным ресурсам в геоинформационных системах / О. А. Атрощенко, А. А. Пушкин // Труды БГТУ. Сер. I, Лесное хоз-во. – 2003. – Вып. XI. – С. 157–162.

13. Федоренчик, А. С. Теория и методика концентрации лесосечного фонда / А. С. Федоренчик, А. И. Хотянович // Труды БГТУ. Сер. II, Лесная и деревообраб. пром-сть. – 2007. – Вып. XVI. – С. 20–26.

14. Хотянович, А. И. Показатели оценки эффективности лесопользования с применением геоинформационных систем / А. И. Хотянович // Труды БГТУ. Сер. II, Лесная и деревообраб. пром-сть. – 2007. – Вып. XV. – С. 42–46.

15. Хотянович, А. И. Формирование лесосечного фонда с использованием географических информационных систем / А. И. Хотянович // Труды БГТУ. Сер. II, Лесная и деревообраб. пром-сть. – 2009. – Вып. XVII. – С. 134–142.

Поступила 01.04.2010