

УДК 630*63:630*37

Р. О. Короленя, ассистент (БГТУ);**М. Т. Насковец**, канд. техн. наук, доцент, заведующий кафедрой (БГТУ)**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОСТАВОК
КРУГЛЫХ ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ ПОТРЕБИТЕЛЯМ**

Рациональное управление поставками сортиментов в настоящее время является актуальной задачей. При осуществлении лесозаготовительной деятельности поставки заготовленной древесины могут осуществляться по различным маршрутам, различным потребителям, в разные сроки. Выбор стратегии управления транспортным процессом в таких условиях достаточно сложен. Решение только транспортной задачи, или задачи маршрутизации, не дает ответа о рациональной очередности поставок круглых лесоматериалов потребителям с точки зрения их своевременности. В связи с этим авторами проведено численное моделирование процесса поставок круглых лесоматериалов при организации поставок только на основании результатов решения транспортной задачи и по разработанному критерию функции срочности перевозки древесины. В статье отражены основные результаты моделирования и сделаны соответствующие выводы.

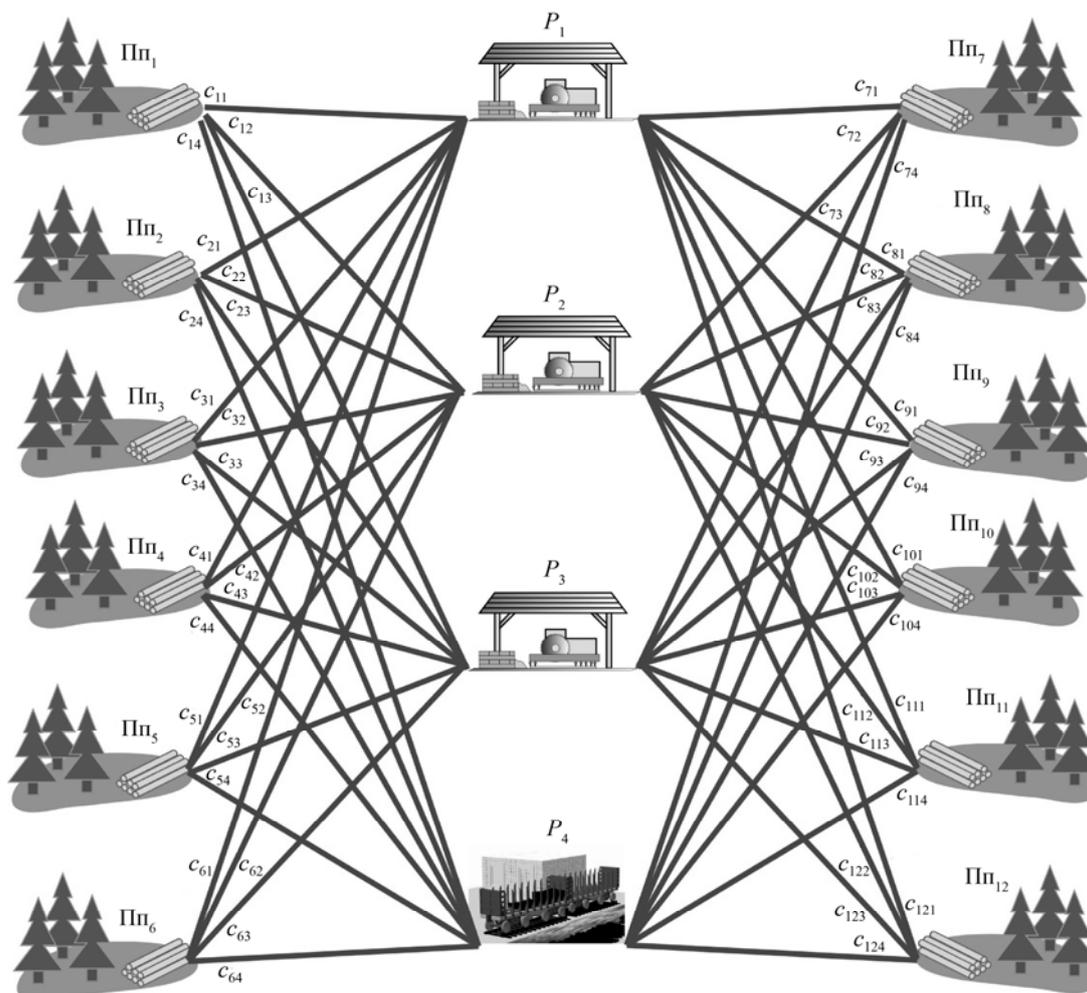
Rational supply management of round forest products is now an actual task. At realization of wood procuring activity of delivery of the prepared wood can be performed on various routes, various consumers, in various terms. The choice of strategy of management in such conditions is combined enough by transport process. The decision only a transport task or a task of routing does not give the answer about rational sequence of deliveries of round forest products to consumers from the point of view of their timeliness. In this connection, authors conduct numerical modeling of process of deliveries of round forest products at the organization of deliveries only on the basis of results of the decision of a transport task and by the developed criterion of function of promptness of transportation of wood. In article the basic results of modeling are reflected and corresponding conclusions are drawn.

Введение. В настоящее время основные объемы древесины в Республике Беларусь заготавливаются по сортиментной технологии. Среди достоинств этой технологии можно выделить то, что при заготовке древесины в виде сортиментов на лесосеке раскряжеванные круглые лесоматериалы могут доставляться непосредственно во двор конкретного потребителя. Это обстоятельство, в свою очередь, затрудняет эффективную организацию транспортного процесса, так как при территориальной разбросанности мест заготовки (складирования) и потребителей сортиментов сложно обеспечить своевременную доставку древесины при ограниченном количестве лесовозной техники. С другой стороны, если заготовка древесины ведется в хлыстах и для дальнейшей переработки хлысты вывозятся на нижний склад, то при разработке нескольких лесосек одновременно необходимо решать задачу о назначении в рейс лесовозной техники исходя из условия постоянства загруженности цехов по переработке.

Таким образом, в процессе функционирования любого предприятия, ведущего заготовку древесины по хлыстовой или сортиментной технологии, могут возникать ситуации, когда необходимо разрабатывать графики движения лесовозной техники с учетом фактора времени.

Основная часть. С целью определения возможности практически использовать разработанный ранее метод организации процесса поставок древесины, основанный на применении функции срочности перевозки древесины (ФСЖД)

[1, 2], и оценки экономического эффекта от практического использования метода проведено моделирование транспортного процесса лесохозяйственного учреждения. Моделирование проводилось в специально разработанном приложении в среде *Excel* пакета офисных программ *MS Office*. Рассматривалась типичная для лесохозяйственного учреждения производственная ситуация: имеются запасы трех видов сортиментов. Сортимент 1 – пиловочное бревно, порода – ель, диаметр 20–24 см, длина 6 м, 1-й сорт, объем запасов $Q_1 = 135 \text{ м}^3$, цена за 1 м^3 $C_1 = 99 \text{ 100 руб.}$ Сортимент 2 – пиловочное бревно, порода – сосна, диаметр 20–24 см, длина 6 м, 1-й сорт, объем запасов $Q_2 = 200 \text{ м}^3$, цена за 1 м^3 $C_2 = 99 \text{ 100 руб.}$ Сортимент 3 – балансы, порода – ель, длина 4 м, объем запасов $Q_3 = 220 \text{ м}^3$, цена за 1 м^3 $C_3 = 33 \text{ 600 руб.}$ Срок хранения сортиментов на погрузочных площадках не превышает семи дней с момента их заготовки. Предприятие заключило договора на поставку указанных сортиментов четырем предприятиям-потребителям. Возможные варианты поставок сортиментов потребителям представлены на рисунке. Запасы сортиментов у предприятия заготовителя находятся на 12 погрузочных площадках (Пп1...Пп12) в четырех лесничествах (табл. 1). Потребности потребителей и сроки поставок представлены в табл. 2, причем потребителю № 4 необходимо поставить 200 м^3 балансов железнодорожным транспортом, поэтому в графе 5 указан нормативный срок доставки сортиментов на перегрузочную площадку и на погрузку вагонов.



Варианты поставок круглых лесоматериалов потребителям:
 Пп₁...Пп₁₂ – погрузочные площадки; P₁...P₄ – потребители;
 c₁₁...c₁₂₄ – удельные стоимости пробега тягово-прицепного состава, руб./км

Таблица 1
 Запасы сортиментов на погрузочных площадках

Погрузочные площадки	Запасы сортиментов на погрузочных площадках, м ³		
	сортименты 1	сортименты 2	сортименты 3
<i>лесничество № 1</i>			
1	50	–	30
2	–	30	–
3	–	–	30
<i>лесничество № 2</i>			
4	25	25	–
5	30	30	–
6	–	15	15
<i>лесничество № 3</i>			
7	–	50	25
8	–	25	25
9	–	25	25
<i>лесничество № 4</i>			
10	–	–	25
11	–	–	25
12	–	–	50

Для осуществления процесса поставок сортиментов на предприятии имеется три единицы тягово-прицепного состава: два автопоезда-сортиментовоза МАЗ-630308 + МАЗ 83781020 (грузоподъемность – 25 м³, себестоимость единицы транспортной работы 358 руб./м³·км) оборудованные гидроманипуляторами ПЛ 9704, и один сортиментовоз Урал 43202 + 2ПР4 (грузоподъемность – 15 м³, себестоимость единицы транспортной работы 293 руб./м³·км), оборудованный, гидроманипулятором F 65.

Погрузочные площадки 2, 3, 4 и 5 расположены непосредственно на лесосеке, поэтому задавались условием, что вывозка из указанных погрузочных площадок осуществляется только сортиментовозами «Урал».

Расстояния по типам покрытия и общие между погрузочными и разгрузочными площадками у потребителей, а также между погрузочными площадками и гаражом считались известными.

Удельные затраты на перевозку сортиментов с каждого погрузочного пункта на разгрузочные площадки приведены в табл. 3 и 4.

Таблица 2
Потребности потребителей в сортаментах
и нормативные сроки поставок

Потребители	Сортаменты		
	1	2	3
<i>потребитель № 1</i>			
Объем, м ³	25	75	–
Срок поставки, дней	2	2	–
<i>потребитель № 2</i>			
Объем, м ³	85	75	–
Срок поставки, дней	2	2	–
<i>потребитель № 3</i>			
Объем, м ³	25	50	25
Срок поставки, дней	2	2	2
<i>потребитель № 4</i>			
Объем, м ³	–	–	195
Срок поставки, дней	–	–	2

Таблица 3
Удельные затраты на перевозку 1 м³
сортаментовозами «МАЗ», тыс. руб.

Погрузочные площадки	Разгрузочные площадки			
	P1	P2	P3	P4
1	3,8	10,2	5,9	3,4
2	–	–	–	–
3	–	–	–	–
4	6,3	8,1	9,8	3,2
5	–	–	–	–
6	–	–	–	–
7	7,6	11,6	3,6	5,5
8	7,9	12,0	2,0	4,0
9	9,4	12,3	4,4	5,5
10	7,4	11,2	7,5	3,5
11	10,3	13,2	8,6	5,5
12	5,4	7,1	6,7	4,9

Таблица 4
Удельные затраты на перевозку 1 м³
сортаментовозом «Урал», тыс. руб.

Погрузочные площадки	Разгрузочные площадки			
	P1	P2	P3	P4
1	3,1	8,3	4,8	2,8
2	4,6	7,6	7,1	3,9
3	5,6	9,5	8,5	5,2
4	5,1	6,7	8	2,6
5	8,3	7,7	5,4	4,3
6	6,3	9,8	3,8	5,1
7	6,2	9,5	2,9	4,5
8	6,5	9,8	1,6	3,3
9	7,7	10,1	3,6	4,5
10	6,1	9,2	6,1	2,9
11	8,5	10,8	7,0	4,5
12	4,5	5,8	5,5	4,0

При невыполнении сроков доставки предусмотрены штрафные санкции в виде неустойки,

равной 0,1% от договорной цены в час за 1 м³ несвоевременно доставленных сортиментов.

Для формирования оптимального плана поставок по критерию минимума затрат на поставку сортиментов решалась транспортная задача в классической формулировке. Ограничениями к задаче являлись: все заявленные потребителями объемы сортиментов должны быть доставлены на разгрузочные площадки; значения искомым объемам не должны превышать имеющиеся на погрузочных площадках запасы сортиментов; значения полученных объемов должны быть положительными, целыми или равны нулю. Для решения задачи использовалась надстройка «поиск решения» приложения *Excel* пакета программ *MS Office* [3]. В результате решения транспортной задачи получен оптимальный план перевозок для каждого вида сортиментов, общие затраты на транспортную работу составили 3 254,5 тыс. руб.

Далее моделировались два варианта выполнения ездов: последовательно и по критерию ФСПД.

Порядок ездов при последовательном их назначении определялся последовательно, начиная с первого погрузочного пункта и первой разгрузочной площадки. В результате получены последовательности:

– для МАЗ-630308 + МАЗ 83781020 № 1:

- 1) Пп1-Р1(25 м³, пиловочное бревно, ель);
- 2) Пп4-Р2(25 м³, пиловочное бревно, ель);
- 3) Пп7-Р1(25 м³, пиловочное бревно, сосна);
- 4) Пп8-Р3(25 м³, пиловочное бревно, сосна);
- 5) Пп8-Р3(25 м³, балансы, ель);
- 6) Пп9-Р4(25 м³, балансы, ель);
- 7) Пп11-Р4(25 м³, балансы, ель);
- 8) Пп12-Р4(25 м³, балансы, ель);

– для МАЗ-630308 + МАЗ 83781020 № 2:

- 1) Пп1-Р3(25 м³, пиловочное бревно, ель);
- 2) Пп7-Р1(25 м³, пиловочное бревно, сосна);
- 3) Пп4-Р2(25 м³, пиловочное бревно, сосна);
- 4) Пп9-Р3(25 м³, пиловочное бревно, сосна);
- 5) Пп7-Р4(25 м³, балансы, ель);
- 6) Пп10-Р4(25 м³, балансы, ель);
- 7) Пп12-Р4(25 м³, балансы, ель);

– для Урал 43202 + 2ПР4:

- 1) Пп3-Р2(15 м³, пиловочное бревно, ель);
- 2) Пп3-Р2(15 м³, пиловочное бревно, ель);
- 3) Пп5-Р2(15 м³, пиловочное бревно, ель);
- 4) Пп5-Р2(15 м³, пиловочное бревно, ель);
- 5) Пп2-Р2(15 м³, пиловочное бревно, сосна);
- 6) Пп2(15 м³, пиловочное бревно, сосна)-Р1(10 м³)-Р2(5 м³);
- 7) Пп6-Р1(15 м³, пиловочное бревно, сосна);
- 8) Пп5-Р2(15 м³, пиловочное бревно, сосна);
- 9) Пп5-Р2(15 м³, пиловочное бревно, сосна);
- 10) Пп3-Р4(15 м³, балансы, ель);
- 11) Пп3-Р4(15 м³, балансы, ель);
- 12) Пп6-Р4(15 м³, балансы, ель).

После этого по методике, описанной в работе [4], рассчитывалась продолжительность каждого рейса. При этом погрузка и разгрузка сортиментов выполнялась гидроманипуляторами. Среднее время погрузки 1 м^3 составляло: манипулятором ПЛ 9704 – 0,8 мин, манипулятором F 65 – 0,9 мин. Усредненное время разгрузки 1 м^3 манипулятором ПЛ 9704 составляло 0,6 мин, манипулятором F 65 – 0,7 мин. Время на подготовительно-заключительные операции составляло по 5 мин на погрузке и разгрузке сортиментов. После расчетов составлялся почасовой график движения. При этом учитывалось, что начало рабочей смены в 8:00, продолжительность обеденного перерыва составляет 60 мин.

В результате получено: общие затраты на транспортную работу предприятия-заготовителя с учетом штрафных санкций за несвоевременную доставку составили 5572,8 тыс. руб.

Формирование очередности выполнения рейсов по критерию ФСПД проводилось в соответствии с методикой, предложенной в работе [2]. На первом этапе определялись численные значения функции срочности перевозок древесины и их ранжирование.

Назначение маршрутов первого рейса проводилось на основании значений ФСПД и оптимального плана поставок сортиментов. Потребителям, значения ФСПД для которых наибольшие и имелась возможность вывозки с данного погрузочного пункта, назначались более производительные сортиментовозы МАЗ. Во всех остальных случаях для транспортировки сортиментов, в согласно оптимальному плану, вывозка осуществляется сортиментовозами «Урал». Если имелась объективная возможность вывозки с нескольких погрузочных пунктов для того или иного сортиментовоза, то погрузочные пункты в маршрут включались последовательно. Таким образом, сформирована следующая последовательность езды

– для МАЗ-630308 + МАЗ 83781020 № 1:

- 1) Пп7-Р4 (25 м^3 , балансы, ель);
- 2) Пп9-Р4 (25 м^3 , балансы, ель);
- 3) Пп10-Р4 (25 м^3 , балансы, ель);
- 4) Пп11-Р4 (25 м^3 , балансы, ель);
- 5) Пп7-Р1 (25 м^3 , пиловочное бревно, сосна);
- 6) Пп8-Р3 (25 м^3 , пиловочное бревно, сосна);
- 7) Пп9-Р3 (25 м^3 , пиловочное бревно, сосна);
- 8) Пп1-Р3 (25 м^3 , пиловочное бревно, ель);

– для МАЗ-630308 + МАЗ 83781020 № 2:

- 1) Пп4-Р2 (25 м^3 , пиловочное бревно, ель);
- 2) Пп4-Р2 (25 м^3 , пиловочное бревно, сосна);
- 3) Пп7-Р1 (25 м^3 , пиловочное бревно, сосна);
- 4) Пп12-Р4 (25 м^3 , балансы, ель);
- 5) Пп12-Р4 (25 м^3 , балансы, ель);

- 6) Пп1-Р1 (25 м^3 , пиловочное бревно, ель);
 - 7) Пп8-Р3 (25 м^3 , балансы, ель);
- для Урал 43202 + 2ПР4:
- 1) Пп6-Р1 (15 м^3 , пиловочное бревно, сосна);
 - 2) Пп3-Р2 (15 м^3 , пиловочное бревно, ель);
 - 3) Пп3-Р2 (15 м^3 , пиловочное бревно, ель);
 - 4) Пп5-Р2 (15 м^3 , пиловочное бревно, ель);
 - 5) Пп6-Р4 (15 м^3 , балансы, ель);
 - 6) Пп5-Р2 (15 м^3 , пиловочное бревно, сосна);
 - 7) Пп5-Р2 (15 м^3 , пиловочное бревно, сосна);
 - 8) Пп3-Р4 (15 м^3 , балансы, ель);
 - 9) Пп2-Р2 (15 м^3 , пиловочное бревно, сосна);
 - 10) Пп5-Р2 (15 м^3 , пиловочное бревно, ель);
 - 11) Пп3-Р4 (15 м^3 , балансы, ель);
 - 12) Пп2-Р1 (10 м^3 , пиловочное бревно, сосна);
- Р1-Р2 (5 м^3 , пиловочное бревно, сосна).

После расчета продолжительности каждого рейса, как и для предыдущего варианта, составлялись почасовые графики движения лесозавозной техники. Далее определялись общие затраты на транспортную работу предприятия-заготовителя с учетом штрафных санкций за несвоевременную доставку, которые составили 4515,0 тыс. руб.

Заключение. Таким образом, полученные результаты подтверждают возможность использовать разработанный метод организации поставок сортиментов [2] при формировании стратегии управления транспортным процессом на предприятиях, осуществляющих заготовку и транспортировку древесины. Снижение штрафных санкций, связанных с несвоевременной доставкой древесины при организации поставок сортиментов с использованием функции срочности перевозок, может достигать 19%.

Литература

1. Насковец, М. Т. Обеспечение своевременной доставки древесины потребителям / М. Т. Насковец, Р. О. Короленя // Труды БГТУ. Сер. II, Лесная и деревообаб. пром-сть. – 2008. – Вып. XVI. – С. 61–64.
2. Насковец, М. Т. Организация вывозки древесного сырья с использованием функции срочности перевозки древесины / М. Т. Насковец, Р. О. Короленя // Труды БГТУ. Сер. II, Лесная и деревообаб. пром-сть. – 2009. – Вып. XVII. – С. 71–75.
3. Костевич, Л. С. Математическое программирование: Информационные технологии оптимальных решений: учеб. пособие / Л. С. Костевич. – Минск: Новое знание, 2003. – 424 с.
4. Короленя, Р. О. Результаты исследования временных характеристик движения сортиментовозов / Р. О. Короленя // Труды БГТУ. Сер. II, Лесная и деревообаб. пром-сть. – 2009. – Вып. XVII. – С. 67–70.

Поступила 14.03.2011