

УДК 630.383

ПРИНЦИПЫ ОЦЕНКИ СИСТЕМЫ ТРАНСПОРТНЫХ СВЯЗЕЙ ПРЕДПРИЯТИЙ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ОПТИМАЛЬНЫХ РЕШЕНИЙ

Батищев Е.Т.

ГОУ ВПО «Воронежская государственная лесотехническая академия», Воронеж,
e-mail: rivelenasoul@mail.ru

В статье рассмотрены принципы многокритериальной оценки системы региональных связей лесопромышленных предприятий с целью поиска рациональных вариантов. Установлено, что система транспортно-технологических связей во многих случаях характеризуется неопределенностью оптимальных решений по отдельным показателям. Раскрывать неопределенность предложено по специальным критериям минимаксных затрат и минимаксного риска, позволяющим избежать наибольших отрицательных последствий при самой неблагоприятной реализации формируемой системы связей.

Ключевые слова: транспортные связи, оптимальное решение, технологические факторы, критерий минимаксных затрат

PRINCIPLES FOR EVALUATION OF TRANSPORT LINKS ENTERPRISES UNDER UNCERTAINTY OPTIMAL SOLUTIONS

Batischev E.T.

Voronezh State Academy of Forestry Engineering and Technologies, Voronezh,
e-mail: rivelenasoul@mail.ru

The article deals with the principles of multicriteria evaluation system of regional ties forest companies to find a rational option. Established that the system of transport and technological relations, in many cases characterized neopredelnostyu optimal solutions for individual indicators. Disclose the uncertainty suggested by the special minimax cost and minimax risk, thus avoiding the greatest negative impact in the most unfavorable realization of a system-generated links.

Keywords: transport links, the optimal solution, technological factors, the criterion of minimax cost

Практическое лесопользование встретило переход от планового к рыночному ведению лесного хозяйства без должной проработки теоретических вопросов даже в рамках имеющегося опыта. Поэтому в области лесозаготовок необходимо обеспечить переход от очагового лесопользования и диспропорций в размещении лесоперерабатывающих производств и сырьевых ресурсов к устойчивому развитию территорий. В регионе лесозаготовительных и деревообрабатывающих предприятий необходимо создать единую транспортную сеть для перевозки лесных грузов, в которой лесовозные автомобильные дороги (ЛАД) являются необходимыми звеньями [2]. Развитие крупных интегрированных саморазвивающихся многоуровневых структур рыночного типа – прогрессивный

путь к восстановлению производственно-хозяйственных связей предприятий лесного комплекса. Основные направления интеграции структур в лесной отрасли – увязывание предприятий, входящих в единую технологическую систему, углубление переработки сырья, создание новых видов продукции и завоевание новых сегментов рынка. При этом государство будет выполнять координирующую роль – модернизацию всего лесного сектора страны, начальный этап которой – оптимизация его инфраструктуры: транспортной, перерабатывающей, природоохранной [1].

Теоретический анализ. Оценка эффективности системы региональных транспортных связей лесопромышленных предприятий производится по векторному критерию:

$$\Xi = (\min Z_{\text{пр}}, \max P_{\text{р}}, \min T, \max R, \min \Sigma \tau_{\text{з}}, \max \Pi_{\text{л}}, \min \Sigma \tau_{\text{пр}}, \min t_{\text{л}}). \quad (1)$$

При наличии ряда критериев оптимизации (1) каждый из частных критериев выделяет свою совокупность оптимальных параметров системы транспортных связей. Многокритериальные задачи решаются путем ранжирования критериев по важности или путем синтеза глобального критерия. Нами использован первый способ. Суть его заклю-

чается в том, что все критерии располагают в порядке их относительной важности, определяемой, например, экспертным путем или на основе качественного анализа. Каждому критерию оптимальности соответствует определенная уступка (приоритет) δ .

Методика. Порядок решения задачи заключается в следующем. Находится экстре-

мальное значение наиболее важного критерия $\min Z_{пр}$. При этом может возникнуть случай неопределенности оптимального решения. Многочисленные расчеты показали, что в большинстве случаев для оптимизационных задач характерна пологость изменения величины критерия оптимальности при приближении к экстремальному значению. При наличии зоны неопределенности оптимальных решений следует стремиться к нахождению возможно более однозначных решений.

Пусть при оптимизации системы транспортных связей по критерию минимума приведенных затрат получена зона равноэкономичных вариантов $B_1, B_2, \dots, B_n$, характеризующихся существенно отличающимися совокупностями параметров $U_1, U_2, \dots, U_n$. Полученные значения приведенных затрат по вариантам равны

$$Z_{прj} (i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, n).$$

Результаты расчетов удобно свести в матрицу возможных решений. Здесь по главной диагонали располагаются величины $Z_{прj} (i = j)$, соответствующие минимальным значениям приведенных затрат для каждого варианта системы транспортных связей предприятий.

В общем виде задача выбора наиболее экономичного из возможных вариантов $B_i (i = 1, 2, \dots, n)$ точного численного решения не имеет. Поэтому нами использован эвристический метод. Суть его заключается в следующем. Заполняются все элементы матрицы $\|Z_{прj}\|$, т.е. для каждого варианта системы транспортных связей определяются значения приведенных затрат при всех совокупностях параметров $U_j (j = 1, 2, \dots, n)$. Затем строятся специальные критерии выбора лучшего варианта из зоны неопределенности. Используются два вида критерия раскрытия неопределенности.

1. Средние приведенные затраты по каждой совокупности параметров U_j . Они получаются как сумма чисел горизонтальных колонок, деленная на число вариантов.

В качестве лучшего решения выбирается вариант с совокупностью параметров U_j , при которой достигается минимум среднего арифметического значения приведенных затрат:

$$\min_j \left(\frac{Z_{j1} + Z_{j2} + \dots + Z_{jn}}{n} \right) = \min_j \bar{Z}_j. \quad (2)$$

Этот критерий предполагает, что вероятности осуществления отдельных вариантов транспортных связей одинаковы. Но иногда на различных стадиях исследования

имеются сведения о возможных вероятностях выполнения различных вариантов системы связей $B_i (i = 1, 2, \dots, n)$ с совокупностями параметров U_j . Тогда экспертным путем каждая совокупность параметров U_j оценивается своим баллом (сумма всех баллов равна единице) и в критерии (2) используется не среднее, а средневзвешенное по этим баллам значение приведенных затрат.

2. Критерий минимаксных затрат. Согласно этому критерию выбирается тот вариант транспортно-технологических связей, для которого наихудший результат лучше, чем наихудший вариант для любого другого варианта.

Этот критерий является более осторожным по сравнению с $\min_j \bar{Z}$, так как он страхует от отрицательных последствий при самой неблагоприятной совокупности параметров U_j .

Для особо важных случаев выбор окончательного варианта производится по критерию минимаксного риска. Матрица затрат $\|S_{ij}\|$ преобразуется в матрицу рисков $\|R_{ij}\|$ согласно соотношению

$$R_{ji} = Z_{ji} - Z_i^{\min} = Z_{ji} - \min_j Z_{ji}. \quad (3)$$

Риск R_{ij} выражает «перерасход», у варианта B_i с совокупностью параметров U_j по сравнению с наилучшей для этого варианта совокупностью параметров U_j . По критерию (3) лучший вариант транспортно-технологических связей из зоны неопределенности выбирается путем применения к матрице $\|R_{ij}\|$ минимаксного принципа:

$$\min_j R_i^{\max} = \min_j \max_i R_{ji}. \quad (4)$$

Смысл критерия (4) сводится к устранению риска иметь слишком большие убытки от принимаемого решения при появлении одного из неблагоприятных условий реализации транспортных связей предприятий.

После определения оптимального варианта системы транспортных связей по первому, наиболее важному критерию, иногда с использованием дополнительных специальных критериев (2), (3), (4), находится значение второго критерия (например, $\min R$) при условии, что значение первого должно отличаться от своей экстремальной величины не более чем на δ_3 . Находим экстремум третьего по важности критерия (например, $\max \Pi_d$) при условии, чтобы значения первых двух критериев не отличались от ранее найденных экстремальных значений больше, чем на величины соответствующих уступок δ_3 и δ_R , и так далее. Оптимальным считается вариант, который получен при ре-

шении задачи отыскания условного экстремума последнего критерия.

Таким образом, решается последовательность задач:

1) найти $\min 3_{\text{пр}}(L_1, l_1, N_{\text{пр1}}, Q_1)$;

2) найти $\min R(L_2, l_2, N_{\text{пр2}}, Q_2)$;

$$3_{\text{пр}}(L_2, l_2, N_{\text{пр2}}, Q_2) \leq \min 3_{\text{пр}}(L_1, l_1, N_{\text{пр1}}, Q_1) + \delta_3 \quad (5)$$

3) найти $\max \Pi_{\text{л}}(L_3, l_3, N_{\text{пр3}}, Q_3)$;

$$3_{\text{пр}}(L_3, l_3, N_{\text{пр3}}, Q_3) \leq \min 3_{\text{пр}}(L_1, l_1, N_{\text{пр1}}, Q_1) + \delta_3$$

$$R(L_3, l_3, N_{\text{пр3}}, Q_3) \leq \min R(L_2, l_2, N_{\text{пр2}}, Q_2) + \delta_R$$

Величины уступок δ последовательно назначают в результате изучения взаимосвязи частных критериев $3_{\text{пр}}$, R , Π , ... Вначале решается вопрос об уступке δ_3 от значения критерия $\min 3_{\text{пр}}$. Для этого задают несколько уступок $\delta_3^{(1)}, \delta_3^{(2)}, \dots, \delta_3^{(n)}$

и определяют экстремальные значения $\min R(\delta_3^{(1)}), \min R(\delta_3^{(2)}), \dots, \min R(\delta_3^{(n)})$

второго критерия. Отсюда ясна зависимость величины уступки δ_3 и выигрыша по второму критерию (рис. 1).

Точная оценка уступок критериям минимума приведенных затрат δ_3 , максимума

расчетной прибыли $\delta_{\text{пр}}$ и другим экономическим показателям выходит за рамки данной работы. Решение практических вопросов формирования транспортных связей лесопромышленных предприятий в многокритериальной постановке осуществлялось лексикографическим способом ($\delta_3 = 0, \delta_{\text{пр}} = 0$).

При учете влияния технологических факторов на формирование системы транспортных связей предприятий лесного комплекса нами использован принцип рассмотрения общего рабочего цикла линии $t_{\text{ц}}$ по головной машине – раскрывочной установке (табл. 1) и деления цикла на четыре группы составляющих: чистое время работ головной машины $t_{\text{г}}$, наложенные простои на чистый цикл от всех других машин из-за недостаточной надежности (отказов) $\tau_{\text{от}}$ и из-за вариации значений циклов $\tau_{\text{в}}$, и группа функциональных простоев $\tau_{\text{ф}}$.

В линиях с жесткой связью из m машин, где головной является k -я машина, цикл равен

$$t_{\text{ц}} = t_{\text{г=k}} + \sum_{i=1}^m \tau_{\text{от}i} + \sum_{i=1}^m \tau_{\text{ф}i} + \sum_{i=1}^m \tau_{\text{в}(i \neq k)} =$$

$$= \frac{t_{\text{г=k}}}{K_{\text{тех}_{i \neq k}}} + \sum t_i \left(\frac{1}{K_{\text{тех}_{i \neq k}}} - 1 \right) + \sum_{i=1}^m \tau_{\text{ф}i}(t_{\text{г}}) + \sum_{i=1}^m \tau_{\text{в}i}(t_{\text{г}}; t_i; v_{\text{г}}; v_i). \quad (6)$$

Здесь $\tau_{\text{ф}i}(t_{\text{г}})$ – величина функциональных простоев i -й машины в зависимости от интенсивности работы линии (т.е. цикла головной машины); $\tau_{\text{в}i}(t_{\text{г}}, t_i, v_{\text{г}}, v_i)$ – величина простоев головной машины из-за вариации циклов головной и

i -й машины, зависящая от соотношения циклов $t_{\text{г}}$ и t_i .

В общем случае цикл линии, состоящей из n_y участков, разделенных гибкими связями, равен наибольшему циклу среди всех циклов участков

$$t_{\text{ц}} = \max \{ t_{\text{г} \neq k} + T_{\text{прк}} + \sum_{i=1}^{k-1} T_{\text{пр}i} \Delta_{i(i+1)} + \sum_{i=k+1}^{n_y} T_{\text{пр}i} \Delta_{i(i+1)} \}, \quad (7)$$

где $T_{\text{пр}i}$ – суммарные потери времени i -го участка линий; ψ – коэффициент наложения потерь времени между i -м и $(i+1)$ -м участками линий.

Действительная производительность линии определяется с учетом про-

стоев $\tau_{\text{о}}$ по причинам, общим для всех машин.

Зависимость коэффициента возрастания цикла линии B от параметров циклов в виде уравнения регрессии B по ψ , v_1 , v_2 имеет вид

$$B_{\text{п}} = 0,766 - \frac{0,146}{\psi} + \frac{0,391}{\psi^2} + 0,171v_1 + 0,256v_2, \quad (8)$$

где $\psi = \frac{\bar{t}_2}{\bar{t}_1}$ – соотношение средних значений циклов второй и первой машин.

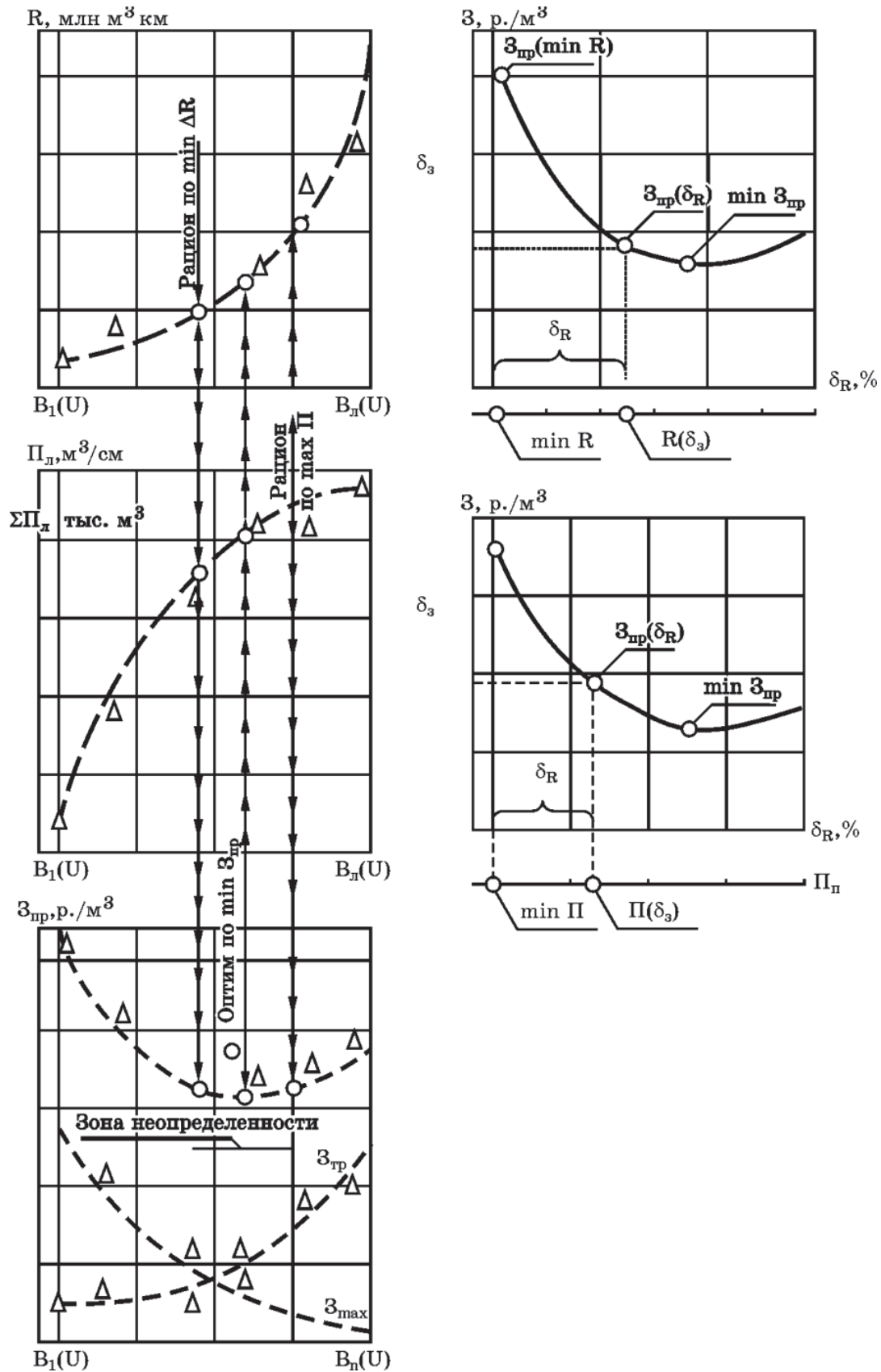


Рис. 1. Графическая интерпретация определения последовательных уступок δ_R , δ_{Π} частным критериям оптимальности $\min R$, $\max \Pi$ транспортных связей предприятий

Таблица 1

Характеристика раскряжевки одного хлыста

Порода хлыстов	Параметры цикла				Тип распределения	Параметры распределения
	t_p, c	v	b_1	b_2		
Береза	46,1	0,316	0,42	3,67	Гамма-распределение	$\eta = 10,46 \mu = 0,233$
Ель	39,4	0,375	0,68	3,77	Логнормальное	$M_{\text{ли}} = 3,548$ $\sigma_{\text{ли}} = 0,368$
Сосна	33,7	0,321	0,39	5,59	Гамма-распределение	$\eta = 0,76 \mu = 0,309$
Осина, липа и др.	42,2	0,489	0,68	4,01	Логнормальное	$M_{\text{ли}} = 3,608$ $\sigma_{\text{ли}} = 0,401$
Все породы	41,0	0,406	0,64	3,69	Гамма-распределение	$\eta = 7,72 \mu = 0,199$
Береза	44,2	0,365	0,58	3,71	Логнормальное	$M_{\text{ли}} = 3,66 \sigma_{\text{ли}} = 0,405$
Ель	42,8	0,403	0,68	3,95	Нормальное	$M = 42,8 \sigma = 14,4$
Сосна	32,1	0,334	0,43	3,59	Логнормальное	$M_{\text{ли}} = 3,34 \sigma_{\text{ли}} = 0,332$
Все породы	41,6	0,419	0,71	4,06	Логнормальное	$M_{\text{ли}} = 3,6 \sigma_{\text{ли}} = 0,405$
Береза	44,8	0,441	0,73	4,09	Гамма-распределение	$\eta = 5,16 \mu = 0,124$
Ель	43,6	0,529	0,24	2,83	Гамма-распределение	$\eta = 3,56 \mu = 0,084$
Сосна	38,7	0,401	0,63	4,12	Гамма-распределение	$\eta = 6,25 \mu = 0,191$
Все породы	39,3	0,438	0,72	4,18	Гамма-распределение	$\eta = 5,15 \mu = 0,138$

Полученное уравнение справедливо в следующих диапазонах факторов:

если $v_1 \in (0; 0,3)$, $v_2 \in (0; 0,3)$, то $\psi \in (0,6; 1,2)$;

если $v_1 \in (0,3; 0,6)$, $v_2 \in (0,3; 0,6)$, то $\psi \in (0,7; 1,8)$;

если $v_1 \in (0,6; 1,0)$, $v_2 \in (0,3; 0,6)$, то $\psi \in (0,8; 2,5)$.

Аналитические зависимости коэффициента ψ от отношения циклов $\Psi = \frac{t_2}{t_1}$ при различных v , вычисленные по результатам моделирования, приведены в табл. 2.

Расхождение между экспериментальными и теоретическими значениями коэффициента не превышает 4%.

Переход к расчету многопоточных линий нелинейной структуры осуществляется путем последовательного их приведения сначала к более простым линейным, а затем к двух-, трехфазным [3].

Для линии в составе подающего механизма, раскряжевочной установки и сортировочного транспортера получено уравнение регрессии коэффициента возрастания цикла линии B_T по циклу раскряжевочной установки t_p , средней длине сортиментов l_6 и скорости тягового органа лесотранспортера V_{tc} (м/с):

$$B_T = 0,612 + \frac{0,212}{V_{tc}} + \frac{0,04}{V_{tc}^2} - 83,8 \cdot 10^{-4} l_6 + \frac{2,71}{t_p}. \quad (9)$$

Оно справедливо в диапазонах факторов: $V_{tc} \in (0,6; 1,8)$; $l \in (0,6; 1,8)$.

С целью определения характера влияния параметров циклов машин на параметры общего цикла линии выполнено статистическое моделирование работы трехфазного участка технологического потока при различных отношениях индивидуальных производительностей машин.

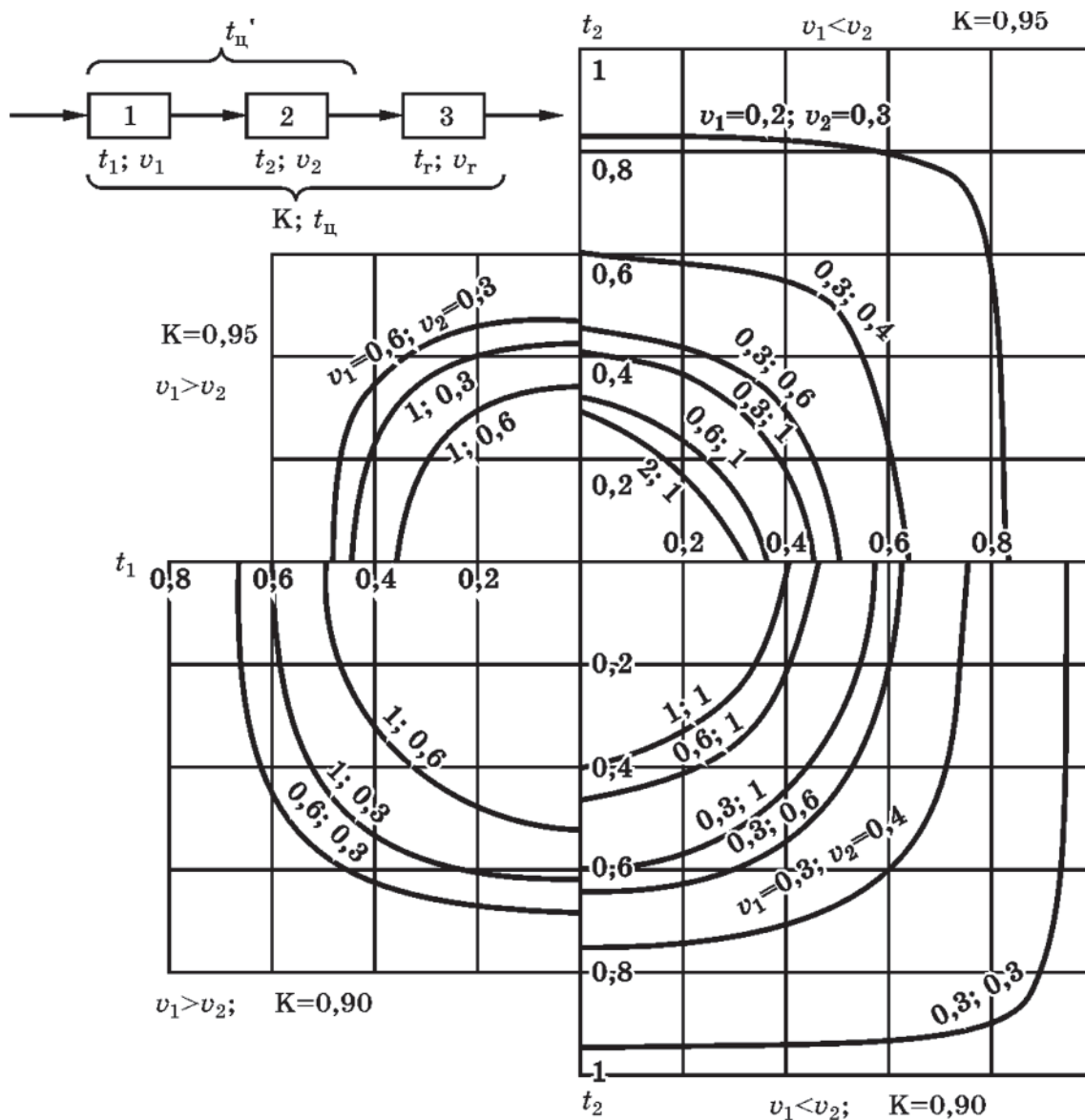
Результаты. Обеспечение необходимой величины цикла технологического потока возможно при различных вариантах соотношений циклов отдельных машин. На рис. 2 при условии $t_1 = 1$ приведена графическая интерпретация областей допустимых отношений между циклами t_1 и t_2 для обеспечения заданного значения коэффициента использования линии K .

Графики представляют собой номограмму, состоящую из четырех квадрантов, каждый из которых соответствует определенному сочетанию коэффициентов вариации циклов v_1 и v_2 и коэффициенту использования линии. Каждая кривая соответствует крайним значениям отношений циклов t_1 и t_2 для обеспечения заданного значения коэффициента использования линии K . Точки пересечения кривых с осями t_1 и t_2 соответствуют значениям результирующих циклов t'_c выделенных участков в долях от цикла головной машины линии $t_2 = 1$. Точки внутри области, ограниченной осями t_1 , t_2 и кривой, соответствующей коэффициенту K , обеспечивают коэффициент использования линии выше заданного значения K .

Таблица 2

Зависимости коэффициента возрастания цикла линии

Тип связи	Коэффициент вариации цикла подачи v_1 ($v_1 = 0,35$)	Зависимость коэффициента B от отношения циклов	Область определения отношения ψ
Жесткая	0,3	$B = 1,17 - 0,056\psi + 0,005\psi^2$	(2; 4)
	0,6	$B = 1,57 - 0,253\psi + 0,031\psi^2$	(2; 5)
	1	$B = 1,97 - 0,425\psi + 0,048\psi^2$	(2; 6)
Гибкая	0,3	$B = 1,07 - 0,01\psi + 0,001\psi^2$	(2; 3,5)
	0,6	$B = 1,32 - 0,140\psi + 0,018\psi^2$	(2; 5,5)
	1	$B = 1,53 - 0,255\psi + 0,025\psi^2$	(2; 6)



Вывод. Установлено, что система транспортно-технологических связей во многих случаях характеризуется неопределенностью оптимальных решений по отдельным показателям. Раскрывать неопределенность предложено по специальным критериям минимаксных затрат и минимаксного риска, позволяющим избежать наибольших отрицательных последствий при самой неблагоприятной реализации формируемой системы связей. Существенное влияние технологических факторов на формирование региональных транспортно-технологических связей предприятий лесного комплекса следует учитывать путём ввода в целевые функции:

- установленных закономерностей параметров распределений циклов машин от технологической сущности операций и конкретных производственных условий различных предприятий региона;

- зависимостей для определения циклов линий по циклу головной машины лесных складов с делением его на четыре группы составляющих с выделением простоев машин из-за вариации циклов;

- оптимальных соотношений средних значений циклов, коэффициентов вариации и технического использования машин и механизмов лесного комплекса;

- рациональных уступок критериям максимума производительности и минимума приведенных затрат, равных для линий 2...4 %, технологических потоков – 3...7 %.

Транспортно-технологические связи между предприятиями не исследуются с целью поиска рациональных вариантов. Приведение резервов повышения эффек-

тивности производства в действие в лесозаготовительной отрасли возможно лишь при взаимной увязке решений вопросов рационализации территориальной организации производства и совершенствования технологических процессов на предприятиях лесного комплекса.

Список литературы

1. Курьянов В.К. Научные основы создания комплексных предприятий постоянного действия / В.К. Курьянов, Д.Н. Афоничев, Е.Т. Батищев // Ресурсосберегающие и экологические перспективные технологии и машины лесного комплекса будущего: материалы международной научно-практической конференции, посвященной 55-летию ЛИФ ВГЛТА, сентябрь, 2009. – С. 47–53.
2. Сильянов В.В. Транспортно-эксплуатационные качества автомобильных дорог / В.В. Сильянов. – М.: Транспорт, 1984. – 287 с.
3. Сушков С.И. Оптимизационное проектирование транспортных связей в предприятиях лесного комплекса: методологические основы. – Воронеж: Воронеж. гос. лесотехн. акад. – Воронеж, 2003. – 165 с. Деп. в ВИНТИ 21.10.2003 № 1832-B03.

Рецензенты:

Чижов М.И., д.т.н., профессор кафедры АОМП Воронежского государственного технического университета, г. Воронеж;

Подольский В.П., д.т.н., профессор, зав. кафедрой строительства автомобильных дорог Воронежского архитектурно-строительного университета, г. Воронеж;

Важенин А.Н., д.т.н., профессор ФГОУ ВПО Нижегородская ГСХА, г. Нижний Новгород;

Арютов Б.А., д.т.н., зав. кафедрой прикладной механики, профессор ФГОУ ВПО «Нижегородская ГСХА», г. Нижний Новгород.

Работа поступила в редакцию 15.03.2011.