

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

УДК 625.7/.8.001.2

Р.Н. КОВАЛЕВ, С.В. ГУРОВ

Уральская государственная лесотехническая академия
С.-Петербургская лесотехническая академия



Ковалев Рудольф Николаевич родился в 1949 г., окончил в 1972 г. Уральский лесотехнический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры автоматизации производственных процессов Уральской государственной лесотехнической академии. Имеет 72 печатные работы в области моделирования и оптимизации транспортных систем, рационального лесопользования.



Гуров Сергей Владимирович родился в 1945 г., окончил в 1968 г. Ленинградский государственный университет, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры информатики и вычислительной техники С.-Петербургской лесотехнической академии. Имеет 50 печатных работ в области математического моделирования и разработки методов оценки надежности сложных технических систем и программного обеспечения ЭВМ.

ОПТИМИЗАЦИЯ СТАДИЙНОГО РАЗВИТИЯ ПАРАМЕТРОВ ДОРОЖНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ ЛЕСНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Изложены постановка и метод решения задачи оптимизации параметров дорожных конструкций транспортной сети лесных предприятий на основе системного подхода в динамике.

Setting up and method of solving the problem of optimizing transport network road structures' parameters of timber enterprises on the basis of system approach in dynamics have been presented.

Транспортную сеть лесного предприятия можно рассматривать как дискретно развивающуюся систему, требующую поэтапных капитальных вложений для повышения ее транспортно-эксплуатационных качеств.

Потребность в развитии транспортной сети и рациональном использовании капитальных вложений обуславливает, в частности, необходимость применения стадийного принципа строительства дорожных конструкций (ДК), основанного на постепенном наращивании их прочности по мере роста грузооборота каждого отдельного участка транспортной сети.

При выборе оптимальной схемы развития транспортной системы лесного предприятия в целом (ТСЛП) за какой-то плановый период $T[1]$ могут быть получены следующие данные:

плановый год строительства для нового участка перспективной транспортной сети или текущий год для существующего T_0 ;

годовой грузооборот лесных и нелесных грузов на каждом этапе планирования в промежутке $[T_0, T]$;

минимально допустимый по прочности тип покрытия, обеспечивающий расчетный плановый грузооборот и соответствующий оптимальным параметрам подвижного состава;

требуемый модуль упругости дорожной одежды для каждого участка по этапам планирования.

Принципиальной особенностью постановки данной задачи является то, что тип покрытия является функцией времени.

Задачу можно решить за счет оптимального финансирования строительства ДК транспортной сети лесного предприятия, работающего в условиях непрерывного многоцелевого лесопользования. Необходимо учитывать действие двух взаимосвязанных факторов оптимального проектирования: капиталовложений на строительство ДК и текущих транспортно-эксплуатационных расходов, вычисленных за весь расчетный период.

Эта задача должна связать воедино следующие требования:

учет работоспособности участка и необходимости проведения капитального ремонта после исчерпания его ресурса;

согласованность вариантов схем ДК на всю перспективу эксплуатации участка;

выбор дорожно-строительных материалов, обеспечивающих реализацию схемы ДК в зависимости от их стоимости;

расчет толщин слоев ДК, обеспечивающих требуемую ее прочность;

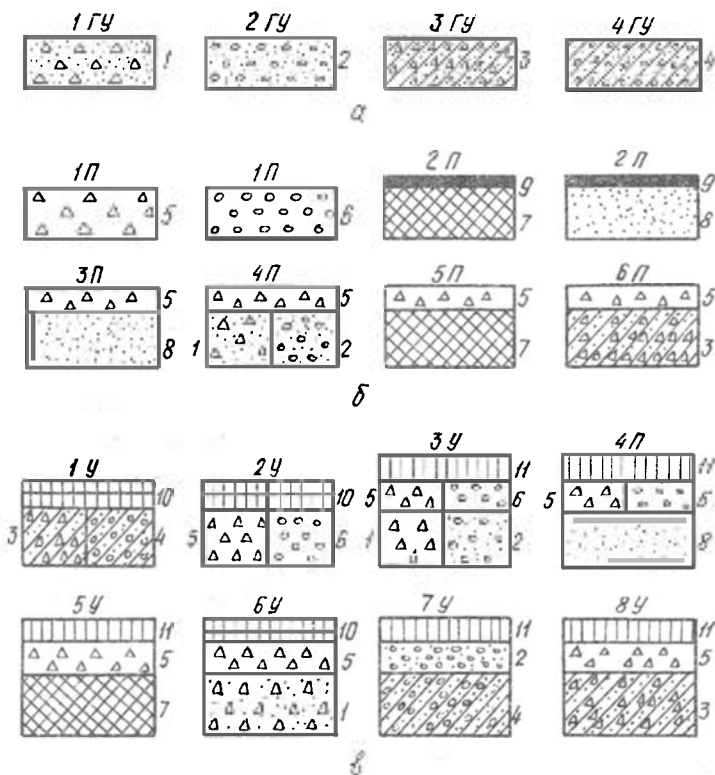
возможность увеличения прочности ДК за счет как усиления верхнего слоя, так и наложения нового слоя из другого материала.

Технико-эксплуатационные особенности лесных дорог определяют необходимость использования дорожно-строительных материалов низкой стоимости, соответствующей малым грузооборотам дорог.

Цель наших исследований – разработать математические модели, позволяющие использовать данные о местных материалах в оптимизационных расчетах для ТСПП в целом.

Для решения поставленной оптимизационной задачи необходимо разработать принципиальные схемы ДК из местных материалов, учитывающие возможность их стадийного усиления во времени и формирования на ЭВМ различных вариантов перехода из одного состояния в другое (включая использование предыдущих конструкций в качестве основания под вновь устраиваемые).

Рекомендуемые ДК позволяют наиболее полно использовать предыдущие конструкции в качестве основания под вновь устраиваемые при их развитии во времени (см. рисунок). Они заложены в основу алгоритма формирования оптимальных параметров ДК с учетом стадийного развития.



Рекомендуемые варианты дорожных конструкций на лесных дорогах: а – покрытия грунтовые улучшенные (ГУ); б – переходного типа (П); в – усовершенствованные облегченные (У); 1 – грунтощебень; 2 – песчано-гравийная смесь (ПГС); 3, 4 – грунтощебень и ПГС, укрепленные неорганическими вяжущими; 5 – щебень рядовой или фракционированный; 6 – гравийная смесь оптимального состава; 7 – грунт, укрепленный вяжущими; 8 – песок; 9 – железобетонные плиты; 10 – черный щебень; 11 – битумно-минеральная смесь

Матрица состояний ДК дуги транспортной сети ТСЛП

№ п/п	Год капитального ремонта	Тип покрытия	Число слоев	Материал слоя			Толщина слоя		
				1	2	3	1	2	3
0	g_0	p_0	s_0	m^1	m^2	m^3	h_0^1	h_0^2	h_0^3
1	g_1	p_1	s_1	m^1	m^2	m^3	h_1^1	h_1^2	h_1^3
2	g_2	p_2	s_2	m^1	m^2	m^3	h_2^1	h_2^2	h_2^3
...
k	g_k	p_k	s_k	m^1	m^2	m^3	h_k^1	h_k^2	h_k^3

Для выбора метода решения сформулированной оптимизационной задачи и ее формализации за основу принята матрица состояний ДК, приведенная в таблице.

Первая строка предполагается известной. Действительно, для существующего участка годом отсчета времени до начала капитального ремонта можно считать год начала планирования (с учетом износа дорожной одежды), а для нового участка – год окончания строительства. Остальные характеристики, относящиеся к первой строке, несомненно, известны. В зависимости от числа слоев и вида материала каждого из них размер матрицы состояний, а также ее содержимое могут различаться. Следовательно, матрица служит управляющей в процессе принятия решения о ДК участка, а сам процесс состоит в определении оптимальной матрицы состояний, для которой затраты на строительство и ремонты минимальны. В данной постановке имеем задачу математического программирования с частично целочисленными переменными.

Сложность ее определяется неизвестным числом управляющих переменных (так как размерность матрицы состояний заранее не определена), отсутствием аналитического выражения для целевой функции (имеется лишь алгоритм расчета), необходимостью учета всех сформулированных требований, которые образуют существенно нелинейную систему ограничений. Все это позволяет сделать вывод о невозможности выбора какого-то одного известного метода решения задачи. Можно полагать, что наилучшим является составной метод, базирующийся на переборе целочисленных переменных (число слоев, материал слоев ДК) и применении одного из методов нелинейной оптимизации (для расчета толщины слоев ДК). При выборе последнего надо учитывать невозможность вычисления производных от целевой функции. Это свидетельствует о необходимости применения методов нулевого порядка, к которым относятся метод покоординатного спуска Пауэлла, комплексный метод Бокса, являющийся обобщением метода деформируемого многогранника Нелдера и Мида на задачи условной оптимизации, методы случайного поиска и др.

Для простоты предположим, что зависимость общих затрат на строительство новых или реконструкцию старых участков линейно зависит от толщин слоев. Тогда математическую модель выбора ДК можно сформулировать следующим образом. Требуется определить число этапов k и годы g_i , $i = 1, 2, \dots, k$, на которых будет изменяться конструкция дуги, а для каждого года g_i – тип покрытия p_i , число слоев s_i , их материалы m^j и толщину h_i^j , $j = 1, \dots, s_i$, таким образом, чтобы

$$z = \left[\sum_{g_i \geq g_{i-1}} \sum_{j=g_{i-1}}^{g_i} c_i(m^j)h_i^j + \sum_{g_i = g_{i-1}} c_i(m^j)(h_i^j - h_{i-1}^j) \right] / (1 + E)^{\Delta^{kT-1}} \rightarrow \min, (1)$$

где z – общие затраты на строительство или реконструкцию 1 м² дорожной одежды;

$c_i m^j$ – затраты на добычу, доставку и укладку 1 м³ материала вида m^j на j -м этапе планирования;

h_i^j – толщина j -го слоя дорожной конструкции на i -м этапе планирования, см;

$(1 + E)^{\Delta^{kT-1}}$ – коэффициент приведения разновременных затрат к расчетному году (коэффициент дисконтирования затрат).

В функционале (1) затраты рассчитывают с учетом их приведения к расчетному году ввиду выбора разных типов покрытий с разными сроками вложения затрат. Первая сумма распространяется на все этапы, для которых производится укладка нового слоя, известного метода решения данной задачи. Можно полагать, что наилучшим является способ ее решения, когда число слоев не увеличивается, а производится лишь утолщение верхнего слоя. При этом должны быть выполнены следующие ограничения.

1. На работоспособность участка. Год g_i выбирают таким образом, чтобы, начиная с года g_{i-1} , суммарный объем перевозок по участку с типом покрытия p_{i-1} достиг требуемого значения.

2. На согласование вариантов схем ДК. С этой целью необходима разработка метода определения количества и возможных материалов слоев ДК при переходе от одного этапа к другому, т.е. указанный метод должен определять множество всевозможных допустимых значений s_i и m^j , $j = 1, \dots, s_i$ для i -го этапа в зависимости от аналогичных значений s_{i-1} и m^j , $i = 1, \dots, s_{i-1}$ $i-1$ -го этапа.

3. На прочность ДК и учет требуемого модуля упругости ДК. При разработке алгоритма решения оптимизационной задачи была использована рекурсивная процедура выбора ДК участка транспортной сети. Необходимость использования рекурсивного алгоритма диктуется неизвестным до окончания процесса планирования числом капитальных ремонтов, на которых производится усиление ДК, поскольку время проведения очередного ремонта зависит от суммарного грузо-

Калентьев Владимир Алексеевич родился в 1954 г., окончил в 1977 г. Уральский лесотехнический институт, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры сопротивления материалов и теоретической механики Уральской государственной лесотехнической академии. Имеет 80 печатных работ по физическому материаловедению, дефектоскопии, физическим методам и приборам контроля качества.



ОБОСНОВАНИЕ РАЗМЕРОВ БЛОКОВ СБОРНЫХ ПОКРЫТИЙ

Предложена форма дорожного блока, выполненного в виде прямой призмы с равнобедренным треугольником в основании. Обоснован интервал углов, обеспечивающий устойчивость блоков в покрытии и исключающий их сдвиг от нагрузок.

A structure of paving block as straight line prism with isosceles triangle has been suggested. The interval of angles securing stability of the blocks in the pavement and eliminating their shear has been substantiated.

Использование на вывозке леса автопоездов большой грузоподъемности требует применения прочных дорожных одежд из сборных элементов промышленного производства. В настоящее время на лесовозных автомобильных дорогах эксплуатируют колеиные покрытия из железобетонных плит, укладываемых на слой песка толщиной до 0,3 ... 0,4 м. Такие дороги, наряду с рядом достоинств (высокая индустриальность дорожно-строительных работ, независимость вывозки леса от погодных условий, малое сопротивление движению и ремонтпригодность), имеют и недостатки (высокая металлоемкость, большие транспортные расходы на доставку к месту строительства, малый по сравнению с нормативным срок службы) [2]. Эти недостатки в определенной мере могут быть устранены при строительстве сборного покрытия из блоков [1]. Каждый блок представляет собой треугольную равнобедренную прямую призму (рис. 1, а). Схема укладки блоков приведена на рис. 1, б. При этом каждый блок верхнего слоя опирается на два или четыре блока нижнего слоя, которые, в свою очередь, размещают на естественном или искусственном основании.