

СУХОПУТНЫЙ И ВОДНЫЙ ТРАНСПОРТ ЛЕСА

И.И. Леонович, докт.техн.наук, профессор

СОСТОЯНИЕ, ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ И ПРОБЛЕМЫ
СУХОПУТНОГО ТРАНСПОРТА ЛЕСА В СССР

XXV съезд КПСС определил четкую программу развития народного хозяйства нашей страны на 1976-1980 гг. Большие задачи поставлены перед работниками лесного хозяйства, лесной, деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности.

В десятой пятилетке предусмотрено увеличить производство продукции этих отраслей на 22-25%; расширить заготовку древесины и ее переработку в районах Сибири и Дальнего Востока, более целесообразно разрабатывать лесосырьевые ресурсы, особенно в Европейской части СССР, а также улучшить использование заготавливаемой древесины; ускорить наращивание мощностей по химической и химико-механической переработке древесных отходов, древесины низкокачественной и мягколиственных пород.

Наряду с решением проблемы максимального удовлетворения потребности народного хозяйства в древесине, намечена большая программа работ по повышению водорегулирующего, санитарно-гигиенического, рекреационного и эстетического значения леса. Выполнение этой программы требует дальнейшего совершенствования методов ведения лесного хозяйства, включая и уход за лесом, организацию и благоустройство лесных территорий, создания опорной постоянно действующей дорожной сети.

Предприятиям лесного хозяйства в десятой пятилетке предстоит также выполнить значительные задания по производству товаров народного потребления, увеличению объема заготовки и переработки продукции побочного пользования: технического и лекарственного сырья, ягод, грибов и других продуктов.

Основной прирост выпуска промышленной продукции предстоит осуществить за счет повышения производительности труда.

Деятельность предприятий лесной промышленности и лесного хозяйства разнообразна, а ее характер всецело зависит от

почвенно-грунтовых, климатических и других естественных условий района дислокации. Однако во всех случаях этим предприятиям приходится решать транспортную проблему, как правило, одну из наиболее сложных, требующую значительных материальных и трудовых затрат. И они ее решают, максимально учитывая эксплуатационные требования, наличие и возможность использования местных материалов для строительства дорог, степень развития транспорта общего пользования, экономических особенностей района и т.д.

Благодаря постоянному вниманию к проблеме транспорта в лесной промышленности и лесном хозяйстве со стороны партийных и советских органов, научных, проектных и производственных организаций он развивается довольно интенсивно. Это можно видеть на примере сухопутного транспорта леса.

Современный сухопутный транспорт леса полностью механизирован. Он объединяет тысячи различного рода погрузочных машин (П-19; ПЛ-1; П-2), большое количество прицепного подвижного состава (более 60 тыс. единиц). Работа сухопутного транспорта базируется на развитой сети лесовозных автомобильных (около 90 тыс. км) и железных дорог (около 15 тыс. км), а также на сети автомобильных дорог общего пользования.

Лесовозный автомобильный транспорт включает 22 тыс. лесовозных автомобилей типа ЗИЛ, МАЗ, КраЗ и др., 30 тыс. прицепов, полуприцепов и прицепов-ропусков. Его работа характеризуется следующими показателями: производительность одного лесовозного автомобиля составляет $37 \text{ м}^3/\text{смену}$; выработка на автомобиль — $8,6 \text{ тыс. м}^3/\text{год}$; коэффициент сменности — 1,5; коэффициент использования — 0,53; коэффициент технической готовности — 0,72.

Автомобильным транспортом Минлеспрома СССР при среднем расстоянии вывозки 38 км перевозят более 200 млн. м^3 древесины. Годовой грузооборот превышает 7,5 млрд. куб. км. Средний объем вывозки на одну дорогу составляет 100 тыс. $\text{м}^3/\text{год}$.

Лесовозный железнодорожный транспорт занимает второе место в системе Минлеспрома СССР. Им обеспечивается вывозка леса в объеме 34 млн. м^3 , что соответствует 14% от общего объема вывозимой древесины. На вывозке леса по узкоколейной железной дороге используется 2,7 тыс. локомотивов и 33 тыс. единиц прицепного состава. Работу лесовозного железнодорожного транспорта можно охарактеризовать рядом по-

казателей: производительность локомотива — 85 м³/смену, выработка на локомотив — 20 тыс. м³/год, коэффициент использования — 0,60, коэффициент технической готовности — 0,78, среднее расстояние вывозки — 48 км, годовой грузооборот — 2,1 млрд. куб. км.

Характерным для лесовозного железнодорожного транспорта является постепенное его сокращение. Ежегодно из эксплуатации выбывает около 4% узкоколейных железных дорог, а объем вывозки уменьшается на 35%. И тем не менее роль лесовозного железнодорожного транспорта все еще велика.

Развитие сухопутного транспорта леса осуществляется планомерно. Этому способствуют совершенствование автомобильной промышленности, тракторной, дорожной и других отраслей машиностроения, проводимые в стране работы по улучшению структуры лесной промышленности и управления производством.

Важная роль в развитии сухопутного транспорта леса принадлежит науке. С ее помощью осуществляется разработка прогноза развития лесной промышленности и отдельных составляющих ее производств, формируются перспективные пятилетние и ежегодные планы лесозаготовительной отрасли. Достижения науки и техники служат основой при разработке оптимальных транспортно-технологических схем для отдельных предприятий и целых экономических районов. Они дают возможность улучшать организацию производства, повышать производительность труда, эффективнее использовать имеющиеся основные и оборотные фонды.

Тесный союз научно-исследовательских организаций, конструкторских бюро и промышленных машиностроительных предприятий обеспечивает развитие транспортной техники. В результате такого содружества лесозаготовительные предприятия сейчас имеют первоклассные машины: лесовозы МА3-509, КрАЗ-255, локомотивы ТУ-6 и ТУ-7, трелевочные тракторы ТДТ-40М, ТДТ-55М, ТДТ-75, погрузчики ПЛ-1, ПЛ-2 и другую технику.

Вовлечение в эксплуатацию новых лесных массивов, размещение крупных лесопромышленных комплексов и лесозаготовительных предприятий, прокладка грузосборочных, магистральных и подъездных дорог требуют глубокого и всестороннего обоснования. Исследования, которые проведены в ЦНИИМЭ, Гипролестрансе, ВНИПИЭИлеспрома, КарНИИИПе и других институтах дают методологические основы для выполнения таких работ [1].

Хотя сухопутный транспорт леса располагает значительной технической базой, имеет устоявшиеся организационные принципы и в основном выполняет возложенные на него функции, нет оснований считать, что его работа полностью отвечает современным требованиям.

Низкие скорости движения, высокая себестоимость вывозки древесины, большая зависимость работы транспорта от погодных условий из-за низкого качества значительной части лесовозных дорог, малые пробеги транспортных машин между капитальными ремонтами (в два раза ниже нормативного срока) и другие показатели, значение которых ниже средних показателей работы транспорта в СССР, обязывает искать и находить пути улучшения работы лесовозного транспорта.

Решая эту задачу, важно учитывать направления, по которым будет развиваться транспорт лесной промышленности в перспективе. Уже в десятой пятилетке необходимо будет ускоренными темпами вести строительство магистральных лесовозных дорог, добиваясь относительно высокого качества строительства. За 1976–1980 гг. планируется построить более 48 тыс. км лесовозных дорог, в том числе 33 тыс. км дорог круглогодочного действия (28,5 тыс. км автомобильных и 4,5 тыс. км узкоколейных железных дорог), т.е. на 10 тыс. км больше, чем было введено в эксплуатацию за годы девятой пятилетки. Кроме того, должно быть реконструировано не менее 15 тыс. км перспективных дорог, введено в эксплуатацию 20 карьеров с общим объемом производства гравийно-щебеночных материалов 16 млн. м³ в год.

Преимущественным типом должны стать гравийные и щебеночные дорожные одежды. В местах, где отсутствуют каменные материалы, в больших масштабах будут применяться колеиные железобетонные дороги и дороги из укрепленных грунтов.

Для освоения зимнего лесосечного фонда ежегодно строится 45–50 тыс. км зимних лесовозных автомобильных дорог, в том числе 15–20 тыс. км ледяных.

Интенсивное строительство автомобильных дорог приведет к еще большему преимуществу лесовозного автомобильного транспорта. К 1980 г. его удельный вес составит около 90%. За счет концентрации производства средний объем вывозки по одной дороге возрастет и достигнет 160 тыс. м³ в год. Выработка на списочный лесовозный автомобиль в 1980 г. составит 9,5 тыс. м³ при среднем расстоянии вывозки 45–50 км.

В 1975 г. на склады у линий ширококолейных железных дорог МПС было перевезено около 33% древесины, на верхние рюмы — 39,1% и в пункты потребления — 27,9%. В перспективе удельный вес вывозки леса к сплавым путям снизится до 35–30% и останется на уровне 90–100 млн.м³. Из этого объема к судоходным рекам вывозится около 50%. Будет проводиться большая работа по рациональному, полному и наиболее эффективному использованию древесины. Деловая древесина составит не менее 80–85% от общего объема вывозки.

Увеличится удельный вес хлыстовой вывозки (65%) и вывозки неочищенных от сучьев стволов (до 25%), более заметным станут перевозки технологической щепы (до 30 млн. м³), технологических дров, отходов лесозаготовительного производства.

Укрупнение нижних складов позволит обеспечить дальнейшее развитие прогрессивных организационных форм лесозаготовок — концентрацию переработки стволовой древесины, повысить уровень механизации и автоматизации складских работ, доставку древесины непосредственно на биржи сырья деревообрабатывающих предприятий.

Прогноз развития лесной промышленности, задачи, сформулированные в пятилетнем плане леса заготовительной отрасли, позволяют определить важнейшие научные и практические проблемы, которые стоят перед современным сухопутным транспортом леса. К ним в первую очередь следует отнести:

1. Выбор и обновление оптимальных схем, структур и качества дорожной сети лесозаготовительных предприятий. Необходимость решения этой проблемы диктуется вводом в эксплуатацию новых лесных массивов, не имеющих транспортной сети, возрастающей интеграцией функций предприятий лесного хозяйства и лесной промышленности, возросшими темпами строительства дорог круглогодочного действия и т.п.

2. Разработка теории проектирования транспортно-технологических схем различных условий лесозаготовки и ведения лесного хозяйства.

3. Приведение в полное соответствие качества лесовозных дорог тягового и подвижного прицепного состава, который на них используется, то есть должна быть решена двуединая задача: дорога — автомобиль.

4. Обоснование наиболее рациональной конструкции земляного полотна, использование местных грунтов для его устройства, разработка способов регулирования водно-теплового ре-

жима, улучшение технологии возведения и эксплуатационных качеств земляного полотна.

5. Усовершенствование методов расчета и проектирования дорожных одежд нежесткого и жесткого типов.

6. Разработка методов инженерно-геологического обследования трассы, поиск новых местных дорожно-строительных материалов и способов их использования в практических целях.

7. Разработка способов, технических средств и технологии укрепления грунтов вяжущими материалами.

8. Создание серии инвентарных дорожных покрытий и средств для их укладки и демонтажа в различных условиях эксплуатации подъездных путей.

9. Создание высокопроизводительных многооперационных машин для строительства дорог в лесной промышленности.

10. Научное обоснование эксплуатации лесовозных дорог и технико-экономического анализа работы сухопутного транспорта леса.

11. Обоснование и внедрение в практику новых видов транспорта и транспортных систем.

12. Организация дорожной службы, разработка наиболее рациональной системы финансирования и управления дорожными работами.

Рассмотрим более подробно некоторые из этих проблем.

Проблема проектирования дорожной сети на территории лесных массивов очень большая. Она охватывает вопросы размещения дорог на местности, выбора структуры сети, включающей различные категории дорог (магистраль, ветки, усы), определения оптимальной густоты подъездных путей и др.

От структуры и степени развития дорожной сети во многом зависит схема освоения лесных массивов, технология лесосечных работ, расстояние трелевки, пробег лесовозных поездов по дорогам с различными эксплуатационными качествами, а в конечном итоге — себестоимость заготовки леса. Несомненным является и то, что состояние дорожной сети и в лесных массивах обуславливает выбор типа автомобилей и все технико-экономические показатели их эксплуатации.

В настоящее время в лесной промышленности применяется преимущественно трехзвенная система, включающая магистраль, ветки и усы.

Интересно отметить, что при этой системе длина магистралей составляет 5-10%, веток — 15-20 и усов 80-85%. Однако пробег автомобилей и соответственно грузооборот на дорогах

различных категорий имеют другое соотношение: магистрали — 80%; ветки — 13-15 и усы — 5-7%.

Структуру и оптимальную густоту дорожной сети исследовали многие ученые и специалисты лесной промышленности [2]. В основу большинства теорий положено требование минимальных денежных затрат на транспортные работы. При определении расстояния между усами сопоставляется стоимость трелевки и вывозки по усам и вычисляется экстремальное (минимальное) значение. При определении расстояния между ветками сопоставляется стоимость транспортных работ по усам и веткам или же по веткам и магистралям.

Соотношения длины магистралей, веток и усов в лесном массиве имеют не только транспортное значение. Они влияют и на затраты денежных средств на дорожное строительство. Известно, что если стоимость 1 км магистрали в среднем принять за 100% (63 тыс. руб./км), то на ветки необходимо 30% (18 тыс. руб./км), а на усы — 5-7% (3,8 тыс. руб./км).

Общие затраты на строительство всей дорожной сети можно ориентировочно оценивать соотношением: если стоимость строительства магистралей принять за 100%, то стоимость строительства ветки составит 90%, а усов — 40-50%.

Ежегодно в нашей стране на строительство лесовозных дорог расходуется около 200 млн.руб., из них 83 млн.руб. на строительство магистралей (42%), 75 млн.руб. на строительство веток (38%) и 40 млн. руб. на строительство усов (20%).

Источниками финансирования строительства лесовозных дорог являются: централизованные капиталовложения — 33 млн. руб. (17%), отчисления от себестоимости лесозаготовительной продукции — 125 млн. руб. (63%), отчисления от стоимости подготовительных работ — 40 млн. руб (20%).

В отношении структуры дорожной сети лесозаготовительных предприятий имеются различные мнения и некоторые научные и технико-экономические обоснования. Некоторые ученые ЦНИИМЭ предлагают отказаться от подъездных путей и перейти к двухступенчатой вывозке — мощными тягачами по лесосекам до грузосборочных дорог и лесовозными автомобильными поездами по грузосборочным дорогам на биржу сырья деревообрабатывающего предприятия или на прирельсовый нижний склад [1... 3].

Специалисты Гипролестранса предложили ряд схем, в которых исключаются ветки или усы [4]. Профессор Б.А. Ильин считает, что необходимо отказаться от веток. Московский лесо-

технический институт (Б.И. Кувалдин и др.) полагает решать проблему дорожной сети с помощью ЭВМ.

Вполне очевидно, что необходимо продолжать исследования по проблеме дорожной сети.

1. Необходимо оптимизировать структуру дорожной сети с учетом местных условий и имеющихся транспортных средств, сохранив трехзвенную основу. Оптимизацию можно провести путем комплексных теоретических исследований и широкого производственного эксперимента. Наиболее оптимальное распределение транспортных потоков по категориям и качеству дорог даст возможность обеспечить минимальные затраты на перевозку древесины и эффективное функционирование всего лесного транспортного конвейера.

2. Учитывая, что лесные дороги нужны не только лесозаготовителям, но и работникам лесного хозяйства, необходимо обосновать структуру опорной постоянно действующей сети в лесных массивах. Плотность такой сети в разных районах страны будет различной, в среднем, видимо, равной 15–20 км на 100 км².

3. Следует усилить работы по обоснованию физических (геометрических) и математических моделей дорожной сети, используя которые можно было бы находить оптимальные решения для различных насаждений, структур лесосечного фонда, почвенно-грунтовых условий и эксплуатационных требований.

Решение задач в рамках избранных моделей целесообразно осуществлять с помощью ЭВМ, что обуславливает разработку соответствующих алгоритмов и программ.

4. Дорожному строительству в лесных массивах надо придать большую плановость. Необходимо иметь разработанные программы дорожного строительства и принимать более активные меры по их осуществлению. На разработку таких программ следует направить усилия ученых и ИТР проектных организаций.

Решая вопрос о строительстве дороги, необходимо всегда обеспечивать ее соответствие с подвижным составом, который будет эксплуатироваться на этой дороге. С другой стороны, при выборе подвижного состава необходимо учитывать прочностные и эксплуатационные качества дороги.

Очень часто возникает вопрос, какой подвижной состав лучше применять в лесной промышленности, какой состав оказывает большее воздействие на дорогу. Чтобы ответить на

этот вопрос, необходимо рассмотреть взаимодействие колес подвижного состава с проезжей частью, сравнить технические возможности современных автомобилей (скорость, нагрузка, поездная вывозка и др.) с возможностями их реализации в конкретных дорожных условиях.

Исследование взаимодействия подвижного состава с дорогой показывает, что основное влияние на работу покрытия (одежды) оказывают осевые нагрузки. Чем больше осевые нагрузки, тем сложнее работа дорожной одежды и наоборот, меньшие осевые нагрузки оказывают меньшее влияние на дорожную одежду. При одной и той же осевой нагрузке работа дорожной одежды зависит от давления в баллонах. Чем меньше давление, тем больше отпечаток колеса, а следовательно, более благоприятная передача давления на дорожное покрытие. При такой передаче в работу вовлекается большая зона дорожной конструкции, и следовательно, предельное значение напряжений и деформации дорожной одежды будут меньше.

А что лучше — небольшая осевая нагрузка и нормальное давление в шинах или большая нагрузка и низкое давление в шинах? Ответ на этот вопрос — не однозначный. До какого-то предела увеличение осевой нагрузки наряду с понижением давления в шинах будет оправдано, а затем условия работы дорожной одежды усложняются. Правильный вывод можно сделать только на основании расчетов прочности дорожной одежды и технико-экономического анализа последствий, которые обнаружатся в результате строительства дороги и использования выбранного типа подвижного состава.

Не менее важной является проблема земляного полотна. На его сооружение необходимо до 10–40 тыс. м³ грунта на километр. Стоимость земляного полотна составляет 40–60% от общей стоимости дороги. Проблемы земляного полотна занимались многие ученые и специалисты.

Чрезвычайно сложными являются вопросы проектирования и строительства земляного полотна на слабых грунтах (в БССР около 75% территории заболочено). Этим вопросам уделено огромное внимание ряд советских ученых [5...8]. Благодаря их исследованиям установлены свойства торфа, обоснована целесообразность использования слабого грунта в основании насыпи, выработаны рекомендации по учету и регулированию процесса консолидации.

При использовании слабых грунтов в основании (плавающие насыпи) стоимость возведения земляного полотна составляет

30-50 тыс. руб. (при В-8 м), а с выторфовыванием — 100-160 тыс. руб.

Разработаны и рекомендованы для практического применения методы укрепления оснований и армирование насыпи. Для этого используются древесные отходы, нетканые синтетические материалы, дренажные устройства, различные местные строительно-дорожные материалы.

Специальные решения приходится искать в связи с необходимостью использования переувлажненных грунтов при возведении земляного полотна. В настоящее время имеются научно-обоснованные рекомендации по осушению заболоченных территорий, сочетанию мелиоративной и дорожной сети, стadiйному возведению земляного полотна и строительству дороги в целом, применению специальных дорожных машин, конструкции и технологии отсыпки насыпей на болотах. Получила значительное развитие теория водно-теплого режима дорог. Это стало возможным благодаря работам Н.А. Пузакова, В.М. Сиденко, В.Я. Тулаева, И.А. Золотаря, Е.И. Шелопаева и др. [5]. Борьба с чрезмерным влагонакоплением в земляном полотне, большой глубиной промерзания, пучинообразованием и другими проявлениями пагубного влияния воды и мороза сейчас ведется вполне обосновано. Основными методами регулирования водно-теплого режима являются: возвышение бровки земляного полотна над уровнем грунтовых вод на достаточную величину, применение гидро- и теплоизоляционных прослоек, устройство дренажных систем, соответствующий подбор физико-механических свойств грунта, организация работ по обеспечению водоотвода поверхностных и грунтовых вод и т.д.

Что касается механизации и технологии строительства земляного полотна, то они разработаны достаточно полно. Уровень механизации земляных работ в настоящее время достигает 100%. Имеются надежные методы выбора землеройных и землеройно-транспортных машин и обоснования наиболее эффективных способов производства работ. Рекомендуемая технология строительства дорог закреплена в технологических правилах и картах.

Однако не все проблемы земляного полотна решены окончательно. Необходимо продолжать исследования процессов, протекающих в земляном полотне при его возведении и эксплуатации. Результаты этих исследований требуются для выработки наиболее надежных в эксплуатации и наиболее экономичных конструкций для различных условий строительства. Необходимо обеспечивать качество возведения земляного полотна, а это

означает, что нужны и приборы для контроля качества, и система определения качества, и подбор соответствующей техники и др.

Следует вести исследования по разработке мер и методов, обеспечивающих стабильную работу земляного полотна в процессе его эксплуатации. А это значит и регулирование водно-теплового процесса, и защита от эрозии, и контроль качества и т.д.

Требуется обновить технические условия по проектированию и строительству лесовозных дорог, в том числе и земляного полотна.

Важнейшей в дорожной теории и практике является проблема определения прочности конструкции и выбора метода проектирования дорожных одежд. К этой проблеме привлечено внимание многих научных коллективов нашей страны и зарубежных стран. Так, разработкой аналитических методов расчета дорожных одежд в дорожной лаборатории Англии в 1948 г. занималось 4-5 человек, в 1961 г. — 20, а в 1977 г. — уже более 40 человек. Большое место этим вопросам отведено в тематике научных исследований СоюзДОРНИИ, ГосДОРНИИ, МАДИ, КАДИ и других научных и учебных центров [9...12].

Основные трудности проблемы связаны с обоснованием математических моделей, выбором методов расчета, установлением физико-математических свойств и характеристик материалов (модулей упругости, показателей вязкости, усталости, старения), правильным учетом внешних факторов (эквивалентных нагрузок, частоты и спектра их воздействия климата и его прогнозирование и т.д.), а также с определением критических величин напряжений и деформаций и критериев разрушения.

В мировой практике известны многие решения по определению прочности дорожных одежд. Можно выделить четыре наиболее характерных этапа:

1. Модели Буссинеску (1885 г.), Уэстгорда (1926 г.) и Хогга (1938 г.).

2. Модели Бурмистера (1943 г.).

3. Номограммы Джефуруа Бошеле и Джонса для трехслойных систем (1950-1960 гг.).

4. Усовершенствование модели Бурмистера и методы конечных элементов.

В отечественной практике наиболее ярко просматривается три этапа развития теории расчета дорожных одежд.

1. Период эмпирического подхода к расчету дорожных одежд и применения простейших моделей (до 1943 г.).

2. Период расчета дорожных одежд по предельным допускаемым деформациям, возникающим в результате воздействия на них повторных подвижных нагрузок (метод проф. Н.Н. Иванова, 1943-1972 гг.).

3. Расчет дорожной одежды по трем критериям прочности: упругому прогибу, сопротивлению сдвигу и растяжению при изгибе конструктивных слоев (с 1972 г.).

Разумеется, предлагаемую периодизацию развития теории расчета дорожных одежд следует считать условной, так как процесс разностороннего исследования дорожных одежд проводится непрерывно. Важные результаты по теории расчета дорожных моделей были получены советскими учеными (А.К. Бируля, В.Ф. Бобкова, Б.И. Коган, М.Б. Корсунский, А.М. Кривисский и др.) на много лет раньше, чем приняты официальные инструкции [9,10].

Математические модели оцениваются обычно по точности, воспроизводимости и соответствию практике результатов их использования. Очевидно, что сложные математические модели позволяют обеспечить высокую точность результатов расчета, дают возможность расчета дорожных одежд в любых условиях нагружения, учитывать различные (в том числе вязкоупругие) свойства материалов, дефектные участки в зоне швов или кромки проезжей части, отрыв слоев и трение между слоями или неоднородность их взаимодействия и другие конструктивные и физические особенности дорожной одежды. Однако эти модели имеют и некоторые недостатки.

Решение задач с использованием сложных математических моделей возможно только на быстродействующих ЭВМ с большим объемом памяти. Для их решения необходимы большие затраты машинного времени.

На практике при выполнении проектных работ (вариантное проектирование) не всегда оправдано применение сложных, хотя и точных решений. Часто полезнее несколько раз применить простой метод расчета, требующий небольших затрат времени, чем один раз точный, но более сложный метод. Неправильная оценка расчетных параметров приводит к существенным ошибкам при использовании даже наиболее точных и сложных методов. То же самое можно сказать, если неправильно будет установлена нагрузка от проходящего по дороге транспорта, а она, как известно, меняется со временем, неодинакова в течение года и суток, неравномерно распределяется по ширине проезжей части и т.д.

В связи с изложенным можно сделать вывод, что:

1. Разработанные в СССР и рекомендованные для практического применения методы расчета дорожных одежд являются вполне надежными, а наличие значительного количества номограмм создает удобства для безмашинного проектирования дорожных конструкций.

2. Важным фактором в обеспечении высокой точности расчета является правильный выбор исходных данных — характеристик местных грунтов и дорожно-строительных материалов, прогнозных эквивалентных нагрузок, показателей водно-теплого режима местности и земляного полотна и др. Работы по накоплению и обобщению исходных для расчета данных следует всемерно расширять и использовать весьма обосновано.

3. Надо работать над дальнейшим совершенствованием математических моделей расчета дорожных одежд. Очевидно, что они должны учитывать многослойность конструкции, вязкоупругие свойства материала, периодические приложения подвижной нагрузки, развитие процесса ползучести и другие физические особенности.

4. При расчете дорожных одежд лесовозных автомобильных дорог необходимо учитывать их специфические особенности. К ним следует относить ограниченный срок эксплуатации, возможность стадийного строительства, сравнительно небольшую интенсивность движения на дорогах, большой общий вес автомобильных поездов, большие осевые нагрузки, значительные колебания прочностных свойств грунтов земляного полотна и др. Важно исследовать эти особенности и выработать способы их учета. Учет может осуществляться путем приспособления метода расчета дорог общего пользования к расчету лесовозных дорог или путем создания специального метода расчета.

Дальнейшее улучшение качества лесовозных автомобильных дорог требует поиска новых дорожно-строительных материалов, усовершенствования технологии строительства дорожных одежд [12...14].

В районах, где отсутствуют каменные материалы, наиболее целесообразно строительство дорог с применением вяжущих материалов. Применению вяжущих способствует интенсивное развитие химии и химической промышленности. Однако широкое внедрение последних в дорожное строительство связано с решением целого ряда научных задач. Необходимо искать местные недорогостоящие материалы, отходы производства, определить условия и область целесообразного их применения. Для укрепления переувлажненных и глинистых грунтов, а также

грунтов, имеющих повышенную кислотность, перспективными можно считать комплексные методы. В условиях Белорусской ССР в качестве местных вяжущих материалов можно считать цемент, известь, амбарную нефть и некоторые другие. Из отходов производств в дорожных целях представляют интерес: остаточный продукт в производстве диметилтерефталата, кубовый остаток регенерации этиленгликоля, фосфогипс и другие побочные продукты. Некоторые отходы после соответствующей модификации (и без нее) могут давать положительный эффект в дорожном деле. Особого внимания заслуживает применение активных добавок при укреплении грунтов органическими и неорганическими вяжущими. Введение их даже в небольших пропорциях (около 1%) обеспечивает экономию вяжущего, позволяет улучшить технологический режим строительства.

Резюме. Указанные и некоторые другие проблемы сухопутного транспорта леса являются весьма серьезными. От их решения зависят темпы и качество дорожного строительства, ритмичность и технико-экономические показатели работы лесозаготовительных предприятий. Вот почему для достижения этой цели необходимо объединить усилия ученых и производственников, инженерно-технических работников проектных и строительных организаций лесной промышленности.

Л и т е р а т у р а

1. Немцов В.П. Научный потенциал отрасли. — "Лесная промышленность", 1977, № 10.
2. Ильин Б.А., Коруннов М.М., Кувалдин Б.И. Проектирование, строительство и эксплуатация лесовозных дорог. М., 1971.
3. Амарян Л.С. Прочность и деформируемость торфяных грунтов. М., 1969.
4. Дорохов Б.А. Повышение эффективности лесозаготовительных предприятий малой мощности. М., 1972.
5. Воднотепловой режим земляного полотна и дорожных одежд. Под ред. И.А. Золотаря, Н.А. Пузакова, В.М. Сиденко. М., 1971.
6. Евгениев И.Е., Казарновский В.Д. Земляное полотно автомобильных дорог на слабых грунтах М., 1976.
7. Ткаченко А.А. Торфяные грунты как основания инженерных сооружений. — Мат-лы к первой Всесоюз. конф. по строительству на торфяных основаниях. Калинин, 1974.
8. Шапошников М.А. Гидротехнические исследования болотных грунтов для строительства. Л., 1977.
9. Коган Б.И. Точное решение теории упругости для многослойного полупространства для расчета нежестких дорожных покрытий. — Труды ХАДИ, вып. 21, 1958.
10. Конструирование и расчет нежестких дорожных одежд. Под ред. Н. Н.

Иванова, М., 1973. 11. Леонович И.И. Развитие сухопутного транспорта леса в СССР. Минск, 1974. 12. Леонович И.И., Макаревич С.С., Лашенко А.П. Применение реологических моделей к расчету дорожных одежд. Минск, 1971. 13. Безрук В.М. Укрепление грунтов в дорожном и аэродромном строительстве. М., 1971. 14. Брик М.И. Строительство дорог: темпы и качество. — "Лесная промышленность", 1976, № 11.

УДК 634.0.3:534

А.В. Жуков, канд. техн. наук

АНАЛИЗ КОЛЕБАНИЙ ТРЕЛЕВОЧНОЙ МАШИНЫ ПРИ ТРАНСПОРТИРОВКЕ ДЕРЕВЬЕВ НА ТЯГАЧЕ В ПОГРУЖЕННОМ ПОЛОЖЕНИИ

В работе [1] освещается вопрос использования на лесозаготовках способа трелевки (подвозки) деревьев в полностью погруженном положении на тягаче.

Одной из особенностей рассматриваемой трелевочной системы является такое размещение пачки на машине, когда расстояние между опорами мало в сравнении со свободно свисающими ее концами.

Колебания хлыстов в таком случае значительно отличаются от колебаний при размещении их на опорах, расположенных на значительном расстоянии друг от друга (лесовозный автопоезд) [2].

Расчетная модель учитывает в общем случае наличие неподдресоренных масс тягача (рис. 1), вертикальную податливость рессор и шин, продольную податливость трансмиссии. Подвеску принимаем нелинейной. Масса пачки деревьев распределена на три дискретные массы [2], причем средняя из них присоединяется непосредственно к поддресоренной массе тягача, учитывая незначительные независимые смещения и возможное закрепление на опорах средней части стволов.

Как видно из рис. 1, для динамической системы в расчет принимаем 8 степеней свободы, которые характеризуются обобщенными координатами:

$$z_1, \theta_1, z_2, z_3, \xi_1, \xi_2, \xi_3, x_1.$$

Полученные дифференциальные уравнения вертикальных и продольно-угловых колебаний двухосной системы имеют вид: