

630x3  
M 95

БЕЛОРУССКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО  
КРАСНОГО ЗНАМЕНИ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ им. С. М. КИРОВА

На правах рукописи

*МЫТЬКО Леонид Романович*

**РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ МНОГОСЕКЦИОННЫХ  
ПЕРЕНОСНЫХ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ ЛЕСОВОЗНЫХ УСОВ,  
ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ ПОТОЧНУЮ ТЕХНОЛОГИЮ  
ЛЕСОЗАГОТОВОК**

Специальность 05.21.01. Технология и механизация  
лесного хозяйства и лесозаготовок

**Автореферат**  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Минск — 1981

Работа выполнена в Белорусском ордена Трудового Красного Знамени технологическом институте им. С. М. Кирова на кафедре сухопутного транспорта леса и дорожных машин.

Научный руководитель — Заслуженный деятель науки и техники БССР, доктор технических наук, профессор **Леонович И. И.**

Официальные оппоненты — доктор технических наук, профессор **Кувалдин Б. И.**  
кандидат технических наук, доцент **Грехов Г. Ф.**

Ведущее предприятие — Министерство лесной и деревообрабатывающей промышленности БССР.

Защита диссертации состоится «30» сентября 1981 г. в 10 часов на заседании специализированного совета К 056.01.01 в Белорусском ордена Трудового Красного Знамени технологическом институте им. С. М. Кирова (ул. Свердлова 13а, корпус 4, зал заседаний).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Белорусского ордена Трудового Красного Знамени технологического института им. С. М. Кирова.

Автореферат разослан «27» августа 1981 г.

**Ученый секретарь**  
специализированного совета, кандидат  
сельскохозяйственных наук, доцент

**Рихтер И. Э.**

### ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. В "Основных направлениях экономического и социального развития СССР на 1981-1985 годы и на период до 1990 года", утвержденных XXVI съездом КПСС, предусмотрено в лесной, целлюлозно-бумажной и деревообрабатывающей промышленности увеличить объем продукции на 17-19 процентов, повысить производительность труда на 16-18 процентов.

Выполнение поставленных задач неразрывно связано с постоянным совершенствованием технологии лесозаготовок, ритмичной работой всех фаз производства. Наиболее уязвимым звеном в лесозаготовительном процессе являются временные лесовозные дороги (усы). При небольшом удельном весе в транспортной работе их протяженность достигает до 83% от общей длины дорожной сети. Большая протяженность лесовозных усов не позволяет уделять должного внимания их качественному строительству и содержанию. Неудовлетворительное состояние лесовозных автомобильных усов без покрытий является одной из главных причин, одерживающих ритмичную работу всей отрасли, препятствует обеспечению поточной технологии лесозаготовок. Поэтому повышение эксплуатационных характеристик лесовозных усов, снижение их стоимости и трудоемкости строительства является важной народнохозяйственной задачей.

Цель и задачи исследований. Современная технология лесозаготовок базируется на поточном принципе, реализация которого требует развитой сети дорог в пределах каждого лесного массива. Технически и экономически лесовозные автомобильные усы могут сооружаться только из местных материалов или же иметь сборно-разборные покрытия. Видов и конструкций сборно-разборных покрытий в лесной промышленности известно немало, но они не полностью решают проблему. В одном случае по условиям строительства и эксплуатации требуются железобетонные плиты, а их доставка экономически себя не оправдывает, в другом - расходуется высококачественная древесина, что несомненно является расточительством, в-третьем - требуется значительное количество дефицитного металла и т.д.

Следовательно, требуется иметь новые решения как в части сборно-разборных покрытий и материалов для их изготовления, так и в части совершенствования технологии строительства временных лесовозных дорог. В настоящей работе нами взяты лишь некоторые задачи проблемы обеспечения поточности технологического процес-

6100 ар.

ИЗДАТЕЛЬСТВО  
ЛЕС. С. М. 1981

са лесозаготовок. Суть их сводится к следующему.

1. Для обеспечения подтопкой надежности лесозаготовок независимо от климатических и грунтовых условий необходимо разработать новые конструкции переносных покрытий, которые по всем технико-экономическим показателям не уступали бы ранее известным и позволяли бы использовать для их изготовления различные строительные материалы, включая короткомерную древесину.

2. Разработанные конструкции переносных покрытий необходимо исследовать в теоретическом плане, выбрать метод их расчета, произвести испытание покрытия в лабораторных и производственных условиях. Доказать правильность принятых конструктивных решений, эксплуатационную надежность предложенного покрытия в различных грунтовых условиях.

3. Предусмотреть возможность укладки и разборки переносных покрытий с помощью машин для трелевки и транспорта леса. Обосновать технологию производства работ по устройству сборно-разборных покрытий. Предложить приемлемые схемы освоения лесных массивов с использованием переносных покрытий на лесовозных усах.

4. Провести опытно-промышленную проверку работы переносных покрытий на объектах действующих лесозаготовительных предприятий. Произвести технико-экономический расчет эффективности применения новых типов переносных покрытий на лесовозных усах.

Методы исследования. Для решения поставленных задач проведен патентный поиск по описаниям и авторским свидетельствам СССР и патентам Великобритании, США, ФРГ, Франции, Японии. В результате патентной проработки не было выявлено готовых технических решений, что привело к дальнейшим исследованиям по разработке более экономичных конструкций переносных покрытий. Теоретические исследования работы разработанной конструкции многосекционного покрытия были проведены с применением ЭВМ ЕС-1022. Исследование работы ленточного покрытия в лабораторных и производственных условиях было проведено с применением тензометрической аппаратуры. Статистическая обработка результатов исследований покрытия в лабораторных и производственных условиях проводилась на ЭВМ "Мир-2".

Научная новизна. Для строительства лесовозных усов, обеспечивающих ритмичную вывозку древесины с лесосек, независимо от погодных и грунто-гидрологических условий, предложено многосекционное покрытие, которое по своим конструктивным особенностям

и экономичности выгодно отличается от подобных типов переносных покрытий. Конструкция данного сборно-разборного покрытия защищена а.с. № 751883. Разработана и экспериментально подтверждена методика расчета предложенной конструкции многосекционного покрытия, представляющего собой систему шарнирно-соединенных между собой балок. Определены основные геометрические параметры несущих элементов покрытия для использования лесовозных автомобилей типа МАЗ и ЗИЛ. Теоретически обоснована и экспериментально подтверждена возможность применения данной конструкции сборно-разборного покрытия на строительстве лесовозных усов.

Апробация. Основные результаты исследований доложены и обсуждены на научно-технических конференциях профессорско-преподавательского состава лесоинженерного факультета Белорусского ордена Трудового Красного Знамени технологического института им. С.М.Кирова в 1979, 1980, 1981 гг. и на республиканском семинаре по проблемам дорожного строительства, проведенном Минлеспромом БССР.

Реализация работы. Построены, испытаны и внедрены опытные участки временных лесовозных дорог из многосекционного покрытия разработанной конструкции в производственно-лесозаготовительных объединениях "Лунинецлес" и "Житковичлес". Разработано руководство по изготовлению, строительству и эксплуатации лесовозных усов из ленточного покрытия, которое одобрено секцией лесозаготовок и лесохимии технико-экономического совета Министерства лесной и деревообрабатывающей промышленности БССР. Рекомендации, изложенные в руководстве, используются при строительстве лесовозных усов. Результаты проведенных исследований приняты к внедрению лесозаготовительными предприятиями республики. Ряд конструкций переносных покрытий и устройств для их укладки и разборки защищены авторскими свидетельствами на изобретения № 675115, 742517, 749966, 757625, и четырьмя положительными решениями ВНИИГПЭ на выдачу авторских свидетельств.

Публикации. По результатам выполненных исследований опубликовано 15 работ.

Объем работы. Диссертация состоит из введения, пяти разделов, заключения, приложений. Объем диссертации вместе с приложениями составляет 218 страниц машинописного текста, 10 таблиц и 81 рисунок.

В первой главе рассмотрен вопрос о влиянии состояния лесо-

вояных усюв и их размещении в пределах лесосырьевой базы на обеспечение поточной технологии лесозаготовок. Лесовозные усюв чаще всего приходится строить в самых неблагоприятных грунтовых условиях, в местах с избыточным увлажнением, где несущая способность естественных грунтов даже в летний период ниже, чем требуется для движения груженых автопоездов. Весной и осенью, а также летом в дождливую погоду движение по таким дорогам вообще прекращается. Улучшить состояние лесовозных усюв можно путем применения оборотно-разборных покрытий. С использованием переносных покрытий существенно повышается эксплуатационные показатели лесотранспорта; увеличивается скорость движения автопоездов, уменьшается расход горюче-смазочных материалов, значительно сокращается протяженность одновременно действующих временных дорог за счет частых переключений. Как показывает практика, применение надежных переносных покрытий на лесовозных усюв обеспечивает поточную технологию лесозаготовок и является гарантией ритмичной работы лесозаготовительных предприятий в течение всего года.



Рис. 1. Схема освоения лесных массивов с применением переносных покрытий

Наиболее приемлемой схемой освоения лесных массивов с применением переносных покрытий можно считать "вилочку" с параллельным расположением постоянных путей. К преимуществам такой схемы по мнению Б.А.Ильина следует отнести возможность организации вывозки леса кольцевым методом при одностороннем движении автопоездов по однополосным магистралям. В этом случае отпадает необходимость устройства развязок, что снижает строительную стоимость дорог и упрощает организацию движения по ним автопоездов. При освоении лесных массивов по такой схеме (рис.1) в начале строятся две однополосные магистрали, одна для грузового направления из трайльных или железобетонных покрытий, другая - для порожнего направления. Переход автопоездов с одной магистрали на другую осуществляется по соединенным друг с другом участкам из переносных покрытий. По мере выработки лесосек извештарные покрытия по-

Рис. 1. Схема освоения лесных массивов с применением переносных покрытий

очередно переносятся на новое место на величину, равную двойному расстоянию трелевки. Такое размещение транспортной сети с применением переносных покрытий позволит иметь в эксплуатации минимальное количество одновременно действующих как постоянных, так и временных лесовозных автомобильных дорог, значительно сократить расходы на дорожное строительство и обеспечить поточную технологию лесозаготовительного процесса. Организация лесозаготовок по поточному методу позволяет сделать технологический процесс более непрерывным, свести к минимуму остатки незавершенного производства, т.е. иметь минимальные межоперационные запасы. При поточном методе повышается производительность труда, сокращается продолжительность производственного цикла, достигается ритмичность работы предприятия, наиболее эффективно используется техника. В настоящее время этот метод является одним из основных принципов рационального построения технологического процесса лесозаготовок.

Вторая глава посвящена разработке и обоснованию конструкций переносных покрытий для лесовозных автомобильных усов. В результате проведенных исследований разработано несколько конструкций переносных покрытий, укладка и разборка которых производится тросом лебедки трелевочного трактора или лесовозного автомобиля. Наиболее экономичной и доступной для лесозаготовительных предприятий является конструкция многосекционного переносного покрытия (рис.2). Ленты колесопроводов покрытия собраны из коротких прямоугольных, квадратных или круглых элементов, соединенных между собой металлическими шпильками. Сборные элементы в ленте смещены друг относительно друга наполовину длины. Такое соединение позволяет получить сплошную гибкую равнопрочную по длине ленту колесопроводов. Сборные элементы покрытия могут быть изготовлены из железобетона, металла, стеклопластика и других материалов, а в многолесных районах - из короткомерной древесины. Благодаря тому, что колесопроводы выполнены в виде гибкой ленты, решается вопрос механизации укладки и разборки покрытия. К месту укладки ленточное покрытие перевозится на лесовозном автопоезде типа МАЗ-505, ТМЗ-803, на коники которого установлена специальная съемная платформа. Ленты колесопроводов длиной по II... 15 м укладываются на платформу в два пакета по 6... 7 рядов. За один рейс перевозится от 120... 180 м покрытия. На изготовление 1 км покрытия расходуется 280 м<sup>3</sup> короткомерной древесины и около 6 т металла. Простота конструкции

позволяет наладить производство таких покрытий в любом лесозаготовительном предприятии.

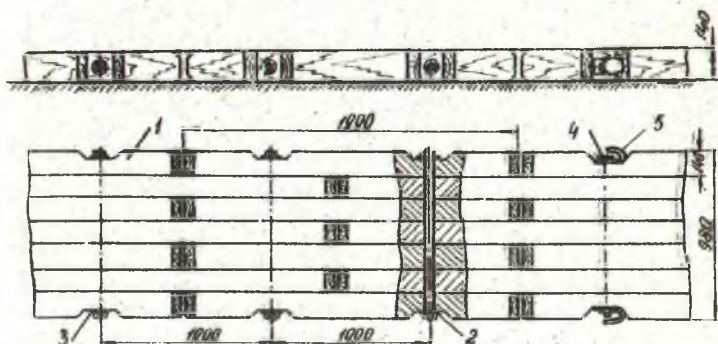


Рис. 2. Конструкция ленточного переносного покрытия:

1 - деревянный брус; 2 - металлическая шпилька;  
3 - шайба; 4 - гайка; 5 - захват;

Третья глава посвящена теоретическому исследованию работы многосекционного покрытия. Расчет деревянных сборно-разборных покрытий временных лесозаездных дорог производится по двум предельным состояниям: исчерпанию прочности несущих элементов и накоплению чрезмерных остаточных деформаций грунтового основания. Расчет элементов покрытия по первому предельному состоянию производится от воздействия нормативной нагрузки с учетом коэффициентов динамичности и перегрузки по формуле (1)

$$P_p = P_n K_d K_n, \quad (1)$$

где  $P_n$  - нормативная нагрузка на заднее колесо автомобиля;  
 $K_d$  - коэффициент динамичности, величина которого для данной конструкции покрытия принимается согласно проведенным исследованиям одинаковой по длине колесопровода и равной 1,35;  
 $K_n$  - коэффициент перегрузки, равный 1,3.

Трудность расчета разработанной конструкции по первому предельному состоянию заключается в том, что она собрана из отдельных балок, смещенных относительно друг друга наполовину длины и соединенных между собой шарнирами. К особенностям данной конструкции следует отнести небольшую жесткость колесопровода в поперечном направлении, что затрудняет проведение расчета покрытия как жестких плит, для которых методика теорети-



чески разработана достаточно подробно.

Для выявления возможности применения существующих методов расчета конструкций на упругом основании при исследовании напряженного состояния предлагаемой конструкции расчет сборных элементов покрытия был произведен по методу М.И.Горбунова-Посадова и И.А.Симвулиди. При расчете несущих элементов покрытия по методу М.И.Горбунова-Посадова из колесопровода мысленно вырезается полоса, равная двойной ширине сборных элементов. Длина полосы принимается из условия, что в продольном направлении под нагрузкой, равной половине массы, приходящейся на заднее колесо автомобиля, работают только три балки, общая длина которых ка- за их смещения относительно друг друга составит 4 м (рис.3).

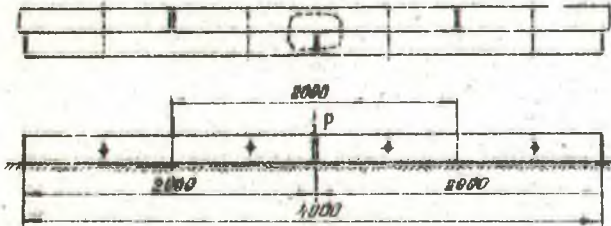


Рис. 3. Расчетная схема

Приняв такие допущения с учетом того, что отношение полудлины данной полосы к полуширине  $\lambda \gg 1$ , расчет несущих элементов конструкции ведется как отдельных балок в условиях пространственной задачи. Так как приведенная полу длина балки  $\lambda > 2$ , а приведенная полуширина  $0,15 < \beta < 0,3$ , балку можно отнести к категории длинных. По составленным М.И.Горбуновым-Посадовым таблицам, по величине внешней нагрузки и упругой характеристике балки  $L$ , определяемой по формуле (2), находят величины реактивных давлений, изгибающего момента, поперечных сил и провалов,

$$L = \sqrt{\frac{2EI(1-\nu^2)}{\delta' E_0}}, \quad (2)$$

где  $EI$  - жесткость балки;  $\nu$  - коэффициент Пуассона грунта основания;  $E_0$  - модуль деформации основания;  $\delta'$  - опорная ширина.

При расчете несущих элементов покрытия по данной методике

не учитывается шарнирное соединение, а также влияние соседних балок на распределение нагрузки, что приводит к несколько завышенным значениям величины изгибающего момента.

Расчет несущих элементов покрытия по методу И.А.Симвулиди производится с такими же допущениями, как и по методу М.И.Горбунова-Посадова. Кроме того, считаем, что в местах, где установлены металлические шпильки, балки шарнирно соединены между собой. При расчете составная балка условно освобождается от шарниров, и каждая отсеченная часть рассматривается как самостоятельная балка. При этом каждая балка находится под действием внешних сил с учетом неизвестных реакций  $Y_1$ ,  $Y_2$ , которые возникают в местах разреза вместо отброшенных частей. Незвестные реакции  $Y_1$ ,  $Y_2$  определяются из системы уравнений.

$$\begin{aligned} \Omega_{12} Y_1 + \Omega_{13} Y_2 &= \Phi_1 \\ \Omega_{21} Y_1 + \Omega_{22} Y_2 &= \Phi_2 \end{aligned} \quad (3)$$

Решая совместно эти уравнения, получим:

$$Y_1 = \frac{\Omega_{13} \Phi_2 + \Omega_{22} \Phi_1}{\Omega_{13} \Omega_{21} - \Omega_{22} \Omega_{12}}, \quad Y_2 = \frac{\Omega_{21} \Phi_1 + \Omega_{12} \Phi_2}{\Omega_{13} \Omega_{21} - \Omega_{22} \Omega_{12}} \quad (4)$$

Параметры  $\Omega_{1n}$ ,  $\Omega_{2n}$ ,  $\Phi_n$  - определяются по соответствующим таблицам, составленным И.А.Симвулиди. После нахождения неизвестных реакций  $Y_1$ ,  $Y_2$  расчет ведется для конечных балок, нагруженных найденными реакциями  $Y_1$ ,  $Y_2$  и заданной нагрузкой. По таблицам, разработанным И.А.Симвулиди, по показателю гибкости  $\lambda$  (5) и величине внешней нагрузки отдельно для каждой балки строятся эпюры реактивного давления, изгибающего момента и поперечных сил.

$$\lambda = \frac{(1 - \nu^2)}{(1 - \nu_0^2)} \cdot \frac{\alpha E_0 l b}{EI} \quad (5)$$

Ввиду того, что расчет балок по методу И.А.Симвулиди ведется в условиях плоской деформации, а также не учитывается влияние соседних балок на распределение внешней нагрузки, величина изгибающего момента, возникающего в несущих элементах покрытия, имеет несколько завышенное значение.

Для более точного решения данной задачи необходимо рассматривать разработанную конструкцию перекосного покрытия как систему шарнирно соединенных балок, смещенных относительно друг друга наполовину длины и скрепленных между собой упругими стержнями. Расчетная схема представлена на рис.4.

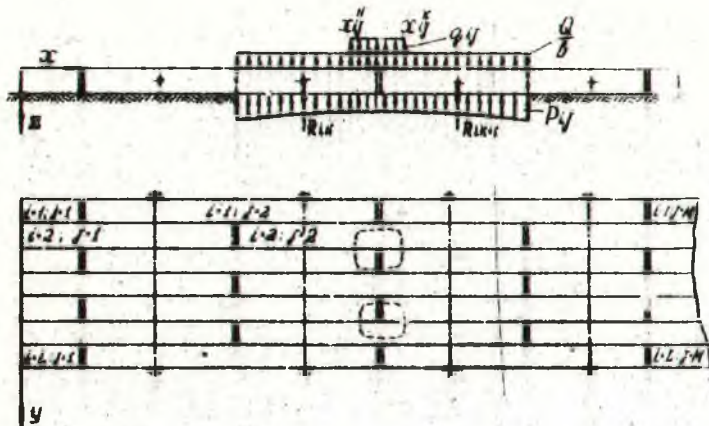


Рис. 4. Расчетная схема

Будем считать, что ширина одной балки равна  $\delta$ , длина  $4\alpha$ , высота  $\alpha$ , вес  $Q = 4\alpha b \rho g$ . Номера балок в поперечном направлении  $i$  изменяются от 1 до  $L$ . В продольном направлении  $j$  - от 1 до  $M$ . Начало каждой балки обозначим  $x_j - 2\alpha(G_{ij} - 1)$ , конец -  $x_j - 2\alpha(G_{ij} + 1)$ . Для балки с четным номером  $l$   $G_{ij} = 2j$ , с нечетным номером  $i$  -  $G_{ij} = 2j - 1$ . Такое обозначение позволяет учитывать смещение балок друг относительно друга наполовину длины. Расчет данной конструкции многосекционного покрытия сводится к совместному решению системы дифференциальных уравнений изгиба балок и нелинейных интегральных уравнений, связывающих прогибы основания, равные прогибам балок, и контактное давление.

$$EI \frac{d^4 w_{ij}(x)}{dx^4} = \sum_{k=1}^{G_{ij}} R_{ik} \delta(x - t_k) - p_j(x) + U(x - x_j^*) - U(x - x_j^*) q_j(x) + \frac{Q}{4\alpha} \quad (6)$$

$$w_{ij}''(x_j) = 0, \quad \dot{w}_{ij}''(x_j) = 0, \quad (7)$$

$$Dp_{ij}^{\alpha}(x) + \theta \sum_{l=1}^L \sum_{m=1}^M \int_{x_{lm}}^{x_{lm}} p_{lm}(t) T_l(x-t) dt = w_{ij}^{\alpha}(x_{ij}), \quad (8)$$

$$T_l(x-t) = \ln \left| \frac{(l-k+\frac{1}{2})\delta \cdot \sqrt{(l-k+\frac{1}{2})\delta^2 + (x-t)^2}}{(l-k-\frac{1}{2})\delta \cdot \sqrt{(l-k-\frac{1}{2})\delta^2 + (x-t)^2}} \right|$$

где  $EI$  - жесткость балки;  $w_{ij}^{\alpha}(x)$  - прогиб балки;  $q_{ij}^{\alpha}(x)$  - внешняя нагрузка из участка  $[x_{ij}, x_{ij}^*] \cup [x_{ij}^*, x_{ij}]$ ;  $p_{ij}^{\alpha}(x)$  - реакция основания под балкой;  $R_{ik}$  - реакции, возникающие в местах установки стержней в точках  $t_k = (2k-1)\alpha$ ;  $\delta(x)$  - дельта-функция;  $U(x) = 0$  при  $x < 0$ ;  $U(x) = 1$  при  $x > 0$ ;  $U(x)$  - единичная функция;  $\theta = \frac{1-\nu^2}{E_0}$ ,  $\nu$ ,  $E_0$  - коэффициент Пуассона и модуль деформации основания;  $D$ ,  $\lambda$  - параметры нелинейной зависимости между нормальным напряжением и прогибом основания. При  $D = 0$  (8) представляет модель упругого полупространства, если  $\theta = 0$ ;  $\lambda = 1$  - модель Винклера. Совместное решение (6) и (8) приводит к следующей системе нелинейных интегральных уравнений:

$$Dp_{ij}^{\alpha}(x) + \theta \sum_{l=1}^L \sum_{m=1}^M \int_{x_{lm}}^{x_{lm}} p_{lm}(t) T_l(x-t) dt = w_{ij}^{\alpha} + y_{ij}^{\alpha}(x - x_{ij}) + \frac{1}{EI} \left[ \frac{q_{ij}^{\alpha}}{k} R_{ik} \frac{(x-t_k)^3}{6} U(x-t_k) - \int_{x_{ij}}^x p_{ij}(t) \frac{(x-t)^3}{6} dt \right] + \Phi_{ij}(x), \quad (9)$$

$$\Phi_{ij}(x) = \frac{1}{EI} \left[ U(x-x_{ij}^*) \int_{x_{ij}^*}^x q_{ij}(t) \frac{(x-t)^3}{6} dt - U(x-x_{ij}) \int_{x_{ij}}^x q_{ij}(t) \frac{(x-t)^3}{6} dt \right] + \frac{Q}{96\alpha} (x-x_{ij})^4, \quad (10)$$

Для определения констант жесткого перемещения  $w_{ij}^{\alpha}$  и  $y_{ij}^{\alpha}$  элементарных балок и реакций упругих стержней  $R_{ik}$  к (9) присоединяется условие равновесия балок

$$Q + Q_{ij} - p_{ij} - R_{ik} - R_{ik+1} = 0, \quad Q_2\alpha + 5y_{ij} - R_{ik}\alpha - R_{ik+1}3\alpha - F_{ij} = 0 \quad (11)$$

где

$$p_{ij} = b \int_{x_{ij}}^{x_{ij}^*} p_{ij}(t) dt, \quad Q_{ij} = b \int_{x_{ij}^*}^{x_{ij}} q_{ij}(t) dt,$$

$$F_{ij} = b \int_{x_{ij}}^{x_{ij}^*} p_{ij}(t)(t-x_{ij}) dt, \quad S_{ij} = \int_{x_{ij}^*}^{x_{ij}} q_{ij}(t)(t-x_{ij}) dt.$$

и уравнение, выражающее равенство прогибов балок  $w_{ij}(x)$  и стержней в местах болтовых соединений  $\bar{w}_k$ ,

$$w_{ij}(t_k) = \bar{w}_k (i - \frac{1}{2}) B, \quad k = 1, 2, \dots, M. \quad (12)$$

К уравнениям (9), (11), (12) присоединяется условие равновесия поперечных стержней.

$$\sum_{i=1}^I R_{ik} = 0, \quad \sum_{i=1}^I R_{ik} \cdot l = 0. \quad (13)$$

Таким образом, решение задачи о давлении системы балок сводится к решению уравнений (9-13). Из этих уравнений определяются давление под основанием балок  $p_{ij}(x)$ , константы жесткого перемещения  $w_0, y_0$ , а также реакции упругих стержней. Решение задачи производится методом итерации. Прекращение итерационного процесса производится при достижении требуемой точности или максимального числа итераций. Полученные результаты позволяют вычислять прогибы балок, изгибающие моменты, поперечные силы. Изложенный алгоритм реализован в программе для ЭВМ ЕС-1022. Программа решения задачи и ее численный алгоритм разработаны совместно с В.С.Романчиком, которому принадлежит непосредственно программа и идея использования итерационной процедуры для численного решения задачи. Исходными данными задачи являются упругие постоянные балок, основания и стержней, количество и размеры балок, величина и место приложения внешних нагрузок. В результате счета определяются реактивные давления, прогиб балки, изгибающий момент, поперечные силы, а также их эпюры, выводимые графически.

Расчет сборно-разборных покрытий лесовозных усов по своему предельному состоянию (от чрезмерных деформаций грунтового основания) производится на основе зависимости

$$U_N = U_{кр} \quad (14)$$

где  $U_N$  - осадка после  $N$  приложения нагрузки;  $U_{кр}$  - предельная величина погружения покрытия в грунт, принимаемая равной толщине покрытия.

Деформация грунта при  $W_{lim} < 0,75$  в зависимости от числа приложения нагрузки может быть определена по формуле

$$U_N = U_1 (1 + K \lg N), \quad (15)$$

где  $U_1$  - остаточная деформация после первого нагружения;

$K$  - коэффициент интенсивности накопления остаточной деформации, который зависит от типа и состояния грунта, определя-

ется экспериментальным путем.

Осадка покрытия от однократного приложения нагрузки определяется по таблицам М.И.Горбунова-Посадова по формуле (16)

$$y_1 = \bar{y} \frac{1 - \nu_0^2}{E_0} \cdot \frac{P}{L} \quad (16)$$

или же по расчету по предложенной методике.

В четвертой главе приведена методика проведенных исследований и основные результаты. Экспериментальное исследование работы переносного покрытия в лабораторных и производственных условиях было проведено для определения характера распределения внешней нагрузки в несущих элементах конструкции, а также воздействием покрытия на грунтовое основание. Работы по исследованию многосекционного покрытия были проведены в грунтовом канале БТИ им.С.М.Кирова и на опытном участке в производственных условиях. Напряжения, возникающие в отдельных элементах покрытия, измерялись посредством тензoresисторных преобразователей, а прогибы — специально разработанными прогибомерами и индикаторами часового типа. Воздействие покрытия на основание регистрировалось мессдозами конструкции ЦНИИСК. Запись регистрируемых величин производилась через тензосилитель 8АНЧ-7М и осциллограф Н-115 на ультрафиолетовую бумагу УФ-67.

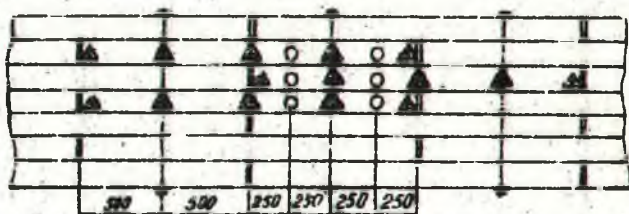


Рис. 5. Схема установки датчиков

+ прогибомер; ▽ — мессдозы;  
○ — датчики напряжения

Анализ статистической обработки результатов проведенных исследований показал, что все ряды наблюдений соответствовали закону нормального распределения. В результате проведенных экспериментальных исследований установлено, что максимальный

изгибающий момент возникает в несущих элементах покрытия при установке нагрузки в середине пролета балки (рис.6).

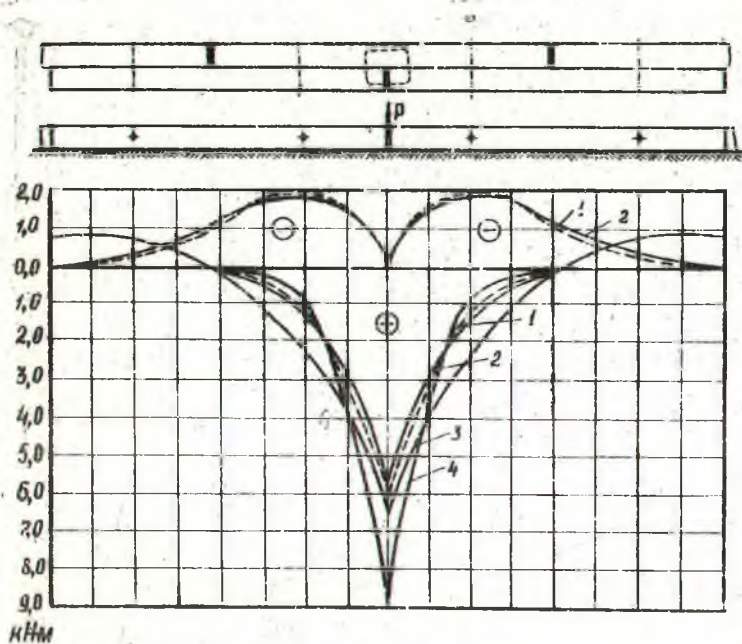


Рис. 6. Сравнение экспериментальных данных с расчетными

1 - экспериментальный изгибающий момент; 2 - расчетный по предлагаемой методике; 3 - по методу М.И.Горбунова-Посадова; 4 - по методу И.А.Симвулиди

По своей величине фактическое значение изгибающего момента на 1,4...2,6% выше полученного по предлагаемой методике и на 14,4...16,3% ниже определенного по методу М.И.Горбунова-Посадова. Несколько завышенное значение величины изгибающего момента при расчете несущих элементов на прочность с применением метода М.И.Горбунова-Посадова можно объяснить тем, что в данном случае не учитывается наличие стержневых соединений. Упругие стрелки, соединяющие балки между собой, образуют своеобразные дополнительные опоры, которые снимают величину изгибающего момента, возникающего в элементах конструкции под воз-

действием нагрузки. Результаты проведенных исследований показывают, что при установке нагрузки на край балки появляются сравнительно большие по величине (до 33% от максимального) отрицательные изгибающие моменты. Величина отрицательного изгибающего момента, образующегося в местах установки стержней, на 2...5% выше расчетного, но более резко снижается, по сравнению с расчетным, по мере удаления к торцам балки. Наибольший отрицательный момент (до 48% от максимального) возникает в несущих элементах конструкции от воздействия колес прицепа-роопуска при его установке симметрично середине балки. При необходимости от появления больших отрицательных моментов можно избавиться путем уменьшения длины несущих балок до величины, меньшей межосевого расстояния прицепа-роопуска.

Проведенные экспериментальные исследования работы многосекционного покрытия в лабораторных и производственных условиях показали, что расчетные данные хорошо согласуются с экспериментальными. Отклонения теоретических значений от экспериментальных составляет от 1 до 8%, причем наибольшая величина отклонений соответствует показаниям датчиков, установленных в опасных сечениях несущих элементов конструкции. Исследования показали, что расчет многосекционного покрытия можно производить по разработанной методике и по методу М.И. Горбунова-Посадова с учетом коэффициента ( $K=0,9$ ), сближающего теоретические данные с экспериментальными. Коэффициент динамичности принимается, согласно проведенным исследованиям, одинаковым по длине колесопровода и равным 1,85. На основании расчета рекомендуется принимать для тракторного типа МАЗ-509+1МЗ-803 при укладке покрытия на грунтовое основание с модулем деформации более 5 МПа сборные элементы длиной  $1,9 \pm 0,1$  м и сечением  $0,14 \times 0,14$  м или круглые бревна диаметром  $0,16...0,18$  м. Производственные испытания показали, что покрытие хорошо работает в микрорельеф местности, достаточно прочно и надежно в работе.

В пятой главе проведен технико-экономический расчет на основании общих методов выявления эффективности использования капиталовложений и новой техники с учетом отраслевой специфики. Расчеты показывают, что себестоимость вывозки  $1 \text{ м}^3$  древесины по ленточному пок. тию на  $0,055...0,11$  руб. ниже, чем по существующим конструкциям сборно-разборных покрытий и на  $0,196$  руб. ниже, чем по деревянно-лежневым. Годовой экономический эффект



от внедрения 1 км покрытия разработанной конструкции составляет 0,4...1,9 тыс.рублей.

### ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

В результате изучения трудов научно-исследовательских и учебных институтов лесотехнического профиля, анализа опыта строительства и эксплуатации временных дорог лесозаготовительных предприятий, а также на основании проведенных теоретических и экспериментальных исследований работы переносного покрытия предложенной конструкции можно сделать следующие выводы и рекомендации:

1. Для обеспечения поточной технологии лесозаготовок, гарантирующей ритмичную работу лесозаготовительных предприятий в течение всего года, независимо от климатических условий, необходимо существенно улучшить качество временных лесовозных автомобильных дорог. Применяемые в настоящее время конструкции лесовозных усов не в полной мере решают проблему транспортного освоения лесных массивов. Грунтовые и хворостяные усы хорошо работают только в сухое время года, при повышенной влажности они быстро разрушаются.

2. Практика показывает, что ритмичная вывозка древесины независимо от погодных условий может быть обеспечена с применением на лесовозных усах сборно-разборных покрытий. Однако внедрение переносных покрытий сдерживается отсутствием необходимого количества (от 13 до 26 т/км) металла, потребностями (до 400 м<sup>3</sup>/км) высокосортной древесины, которая с большим эффектом может быть использована для других народно-хозяйственных целей. Следовательно, для более широкого применения в лесной промышленности переносных покрытий необходимо существенно снизить расход металла и заменить пиловочник хвойных пород короткомерной древесиной.

3. Разработанная конструкция многосенционного покрытия, состоящая из отдельных коротких брусьев, скрепленных между собой металлическими шпильками, по своим конструктивным особенностям и экономичности выгодно отличается от известных ранее сборно-разборных покрытий. Расход металла на изготовление 1 км этого покрытия в 2 раза меньше, чем на ЛЗ-11 и в 4 раза, чем на ЛД-5. Благодаря шарнирному соединению, покрытие хорошо вписывается в микрорельеф местности, копируя неровности, что значительно снижает величину изгибающего момента, возникающего в элементах

конструкций под воздействием нагрузки. Простота конструкции позволяет производить сборку покрытия в непосредственной близости от места строительства лесовозных усов, в том числе и на лесосеке.

4. Наряду с древесиной на изготовление многосекционного покрытия могут быть использованы и другие материалы - железобетон, стеклопластик, алюминиевые сплавы и т.п. Но применение их в каждом отдельном случае должно быть экономически обосновано с учетом доступности материалов для данного района или предприятия.

5. Многосекционное покрытие может быть рассчитано на основе разработанной методики, которая позволяет учитывать наличие шарнирного соединения, смещение балок относительно друг друга поперек длины, их количество в поперечном и продольном направлениях, характеристики грунтового основания и другие особенности конструкции. Для численного решения задачи разработан алгоритм и составлена программа для ЭВМ ЕС-1022.

6. Ориентировочный расчет несущих элементов покрытия на прочность может быть произведен и по методике М.И. Горбунова-Посадова, как длинных балок в условиях пространственной задачи. Однако величину максимального изгибающего момента, определяемого по соответствующим таблицам, необходимо брать с коэффициентом ( $K=0,9$ ), сближающим теоретические расчеты с экспериментальными данными. Коэффициент динамичности при расчете данного покрытия принимается одинаковым по длине колесопровода и равен  $1,35$ .

7. Теоретические исследования, выведенные формулы и зависимости подтверждаются экспериментальными данными. Кроме того, данные, полученные в ходе исследований, показывают, что покрытие, собранное из элементов длиной  $1,9 \pm 0,1$  м, сечением  $0,14 \times 0,14$  или диаметром  $0,16 \dots 0,18$  м, уложенное на основание с модулем деформации более  $5$  МПа, обеспечивает нормальную работу автомобильных лесовозных автопоездов типа МАЗ-509+ТМЗ-803 и может рассматриваться как типовое. Конструкция покрытия позволяет производить вывозку древесины лесовозными автопоездами со скоростью  $3,3 \dots 4,2$  м/с. Коэффициент сцепления шин автомобиля с сухим покрытием составляет  $0,6 \dots 0,7$ , а с влажным -  $0,3 \dots 0,4$ .

8. Укладка покрытия на грунтовое основание может производиться как с применением кранов, так и без них с помощью лесо-

возного автопоезда, снабженного съемной платформой, и трехвального трактора, что организационно и экономически свои оправдывает. В диссертации разработана технология укладки и разборки многосекционного покрытия с использованием обычных лесотранспортных машин.

9. Применение многосекционных покрытий на лесовозных усах позволяет снизить себестоимость вывозки 1 м<sup>3</sup> древесины на 0,055... 0,11 руб. по сравнению с существующими переносными покрытиями и на 0,96 руб. по сравнению с деревянно-лежневым.

10. Возможность обеспечения поточности технологического процесса лесозаготовок в течение всего года, простота конструкции, минимальный расход металла, достаточная работоспособность и надежность в работе дают основание рекомендовать разработанное многосекционное покрытие для строительства лесовозных автомобильных усов.

Основное содержание диссертации изложено в работах:

1. Сборно-разборные покрытия. - М: Лесная промышленность, 1979, № 12, с.20-21. В соавторстве с И.И.Леоновичем.

2. Многосекционное дорожное покрытие и технология его укладки. "Механизация лесозаготовок и транспорт леса". Межвузовский сборник научных трудов. Вып.10, 1980, с.90-94. В соавторстве с И.И.Леоновичем.

3. Ленточное покрытие для лесовозных автомобильных усов. - М: ВНИПИЭЛлеспром. Лесозаготовка и лесосплав, 1980, № 1, с.4. В соавторстве с И.И.Леоновичем, Н.П.Гуцеем.

4. Технология строи. злства лесовозных автомобильных усов из инвентарного ленточного покрытия на дрешир. ощих грунтах. - М: ВНИПИЭЛлеспром. Лесозаготовка и лесосплав, 1980, № 7, с.5-6. В соавторстве с И.И.Леоновичем.

5. Технология строительства усов с ленточным покрытием на слабых грунтах. - М: ВНИПИЭЛлеспром. Лесозаготовка и лесосплав, 1980, № 7, с.6. В соавторстве с И.И.Леоновичем.

6. Решение системы дифференциальных уравнений применительно к задаче расчета сборно-разборного покрытия. Тезисы докладов 5 Республиканской конференции математиков Белоруссии. Часть II, Гродно, 1980., с.165-166. В соавторстве с И.И. Леоновичем, В.С.Романчиком.

7. Численная реализация алгоритма решения интегро-дифференциальных уравнений изгиба балок на грунтовом основании. Тезисы докладов 5 Республиканской конференции математиков

Белоруссии. Часть II, Гродно, 1980, с.18-19. В соавторстве с И.И. Леоновичем, В.С.Романчиком.

8. Изготовление ленточного инвентарного покрытия в объединении "Житковичлес". - М: ВНИПИЭИлеспром. Лесоэксплуатация и лесосплав, 1981, № 6, с.1-2. В соавторстве с И.И.Леоновичем, Н.И.Танковичем.

9. Применение ленточного сборно-разборного покрытия на лесозавозных усах. - М: ВНИПИЭИлеспром. Лесоэксплуатация и лесосплав, 1981, № 6, с.10-11. В соавторстве с И.И.Леоновичем, Н.И.Танковичем.

10. Новый тип дорожного покрытия. - М: Лесная промышленность, 1981, № 3, с.26-27. В соавторстве с И.И.Леоновичем, Н.П.Вирко, В.Ф.Шамалем.

11. Транспортное освоение лесных массивов с применением сборно-разборных дорожных покрытий. Сб. "Механизация лесоразработок и транспорт леса", вып. II, 1981, с.53-56. В соавторстве с И.И.Леоновичем.

12. Эффективность применения ленточного сборно-разборного покрытия на временных лесозавозных дорогах. Сб. "Механизация лесоразработок и транспорт леса", вып. II, 1981, с.66-68.

13. Устройство сборно-разборных покрытий временных дорог. - М: Автомобильные дороги, 1981, № 6, с.18-19. В соавторстве с И.И.Леоновичем.

14. А.с. 751883 (СССР) Покрытие автомобильных дорог. И.И.Леонович, Д.Р.Мытько. Оpubл. в Б.И. 1980, № 28.

15. Руководство по строительству и эксплуатации временных автомобильных дорог с ленточным покрытием. - Мн: "Высшая школа", 1981, с.20. В соавторстве с И.И.Леоновичем и др.

Отзывы на автореферат в двух экземплярах с заверенными подписями направлять по адресу: 220630, г.Минск, Свердлова 13<sup>а</sup>, БТИ им.С.М.Кирова, Ученый совет.

ЛЕОНИД РОМАНОВИЧ МЫТЬКО

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ МНОГОСЕКЦИОННЫХ ПЕРЕНОСНЫХ  
ПОКРЫТИЙ ДЛЯ ЛЕСОВОЗНЫХ УСОВ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ ПОТОЧНУЮ  
ТЕХНОЛОГИЮ ЛЕСОЗАГОТОВОК

Подписано в печать 20.07.81. АТ-13491. Формат 60x84 1/16  
Печать офсетная. Усл. печ. л. 1,0. Уч.-изд.л. 1,2. Тираж  
100 экз. Заказ 391. Бесплатно.

Отпечатано на ротапринтере Белорусского технологичес-  
кого института им.С.М.Кирова, 220630, г.Минск,

Свердлова 13.