

Рис. 3. Изменение напряжений в точке С (рис. 1): а — эксперимент; б — расчет

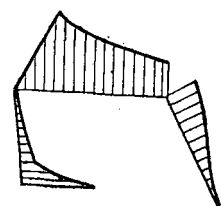


Рис. 4. Эпюры экстремальных изгибающих моментов за время переходного процесса

Основной вклад в напряженно-деформированное состояние конструкции манипулятора при плоском движении вносят изгибные деформации. На рис. 4 представлена расчетная эпюра экстремальных изгибающих моментов, реализующихся в сечениях конструкции за время переходного процесса.

Результаты расчета, выраженные в терминах экстремальных значений напряжений, возникающих в элементах конструкции манипулятора за время переходного процесса, позволяют судить о запасах прочности отдельных элементов и конструкции в целом по критериям разрушающих напряжений. Кроме того, частотные характеристики динамических процессов дают возможность оценить запас длительной прочности по критериям усталостных напряжений для рассматриваемого случая функционирования.

Сопоставление результатов эксперимента и расчета позволяет сделать вывод о достаточно хорошем соответствии между экспериментальными и расчетными результатами.

Динамическая модель упругого манипулятора позволяет уже на этапе рабочего проектирования с достаточной точностью оценить запасы прочности как отдельных узлов, так и конструкции в целом.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Кондаков М. В. Расчетная схема упругого манипулятора // Лесн. журн.— 1988.— № 6.— С. 36—41.— (Изв. высш. учеб. заведений). [2]. Кондаков М. В. К расчету динамического нагружения конструкции манипулятора при переходных процессах // Лесн. журн.— 1989.— № 2.— С. 38—43.— (Изв. высш. учеб. заведений). [3]. Кондаков М. В., Пилюттик А. Г. Каким быть завтрашнему машиностроению отрасли? // Лесн. журн.— 1987.— № 2.— С. 8—14.— (Изв. высш. учеб. заведений). [4]. Тимошенко С. П. Теория колебаний в инженерном деле.— М.; Л.: ГНТИ, 1932.— 344 с.

Поступила 20 июня 1988 г.

УДК 630*383.2.001.5

ПРОМЕРЗАНИЕ ЗИМНИХ ДОРОГ НА БОЛОТАХ

В. С. МОРОЗОВ

СевНИИП

Зимние автомобильные лесовозные дороги широко применяют при освоении лесных массивов, расположенных на слабых и переувлажненных грунтах. На значительной части своей длины зимние дороги проходят по заболоченным участкам и болотам. Низкая несущая способность торфа, позднее замерзание и раннее оттаивание таких участков

вызывают увеличение расходов на строительство и содержание дорог, ограничивают срок их службы.

Как известно [2, 3], прочностные и деформационные свойства мерзлого торфа существенно зависят от его температуры, поэтому, при оценке эксплуатационных качеств зимних дорог, разработке их оптимальных конструкций и обосновании рекомендаций по продлению сроков службы, необходимо иметь данные о характере промерзания оснований зимних дорог на болотах в течение осенне-зимне-весеннего периода.

Наблюдения за ходом промерзания оснований зимних дорог на болотах были проведены нами с декабря 1987 г. по апрель 1988 г. на Светлозерской автомобильной дороге Светлозерского леспромхоза ТПО Архангельсклеспром. Опытные участки располагались на болоте II типа мощностью торфа 3,5 м и состояли из параллельных трасс двух типов (рис. 1). Проезжая часть дороги первого типа состояла из песчаной насыпи толщиной 30 см и шириной поверху 6 м, отсыпанной на основание из прорезанного деревянного поперечного настила и четырех продольных лаг. Поперечный настил был уложен на моховую поверхность болота без проминки. Для предотвращения продавливания песка между поперечинами поверх настила уложен синтетический материал — отработанные сунка и сетки [1], которые являются отходами целлюлозно-бумажной промышленности.

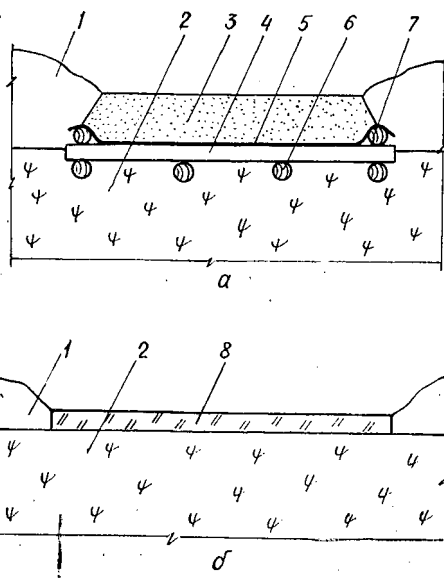


Рис. 1. Поперечные профили участков дорог: а — песчаная насыпь с прослойкой из синтетического материала на деревянном настиле; б — проезжая часть на поверхности болота; 1 — снежный покров; 2 — талый торф; 3 — песчаная насыпь; 4 — поперечный настил; 5 — прослойка из синтетического материала; 6 — продольный настил; 7 — лаги-ограничители; 8 — снеголед

Проезжая часть второго типа шириной 11 м проходила непосредственно по поверхности болота, которое при наступлении устойчивых отрицательных температур было прямо тракторами и имело в верхней части прослойку из снегольда. Обе трассы (рис. 2) располагались в непосредственной близости друг от друга.

Проезжую часть дорог систематически очищали от свежевыпавшего снега, а тонкие слои уплотняли колесами движущихся автопоездов.

Толщина снежного покрова на целине составляла 40...50 см.

При проведении наблюдений измеряли температуру в отдельных слоях оснований зимних дорог и толщину промерзшего слоя песка и торфа. Для этого использовали термометры сопротивления ММТ-4, установленные в пяти скважинах. Их положение по поперечному профилю участка и глубина заложения датчиков температуры указаны на рис. 2. Показания датчиков снимали прибором Р4833, который предварительно был оттарирован в лабораторных условиях. Точность определения температуры в рабочем диапазоне от -40 до $+10$ °С составляла $\pm 0,1$ °С.

Для определения толщины мерзлого песка и торфа в основании дорог обоих типов в различных точках поперечника были пробурены дополнительные скважины до глубины талого торфа.

Наблюдениями установлено, что данные о толщине мерзлого торфа, полученные двумя способами: по нулевой температуре торфа и с помощью дополнительных скважин, — практически совпали. Поэтому в дальнейшем глубину промерзания торфа в основании дорог определяли первым способом.

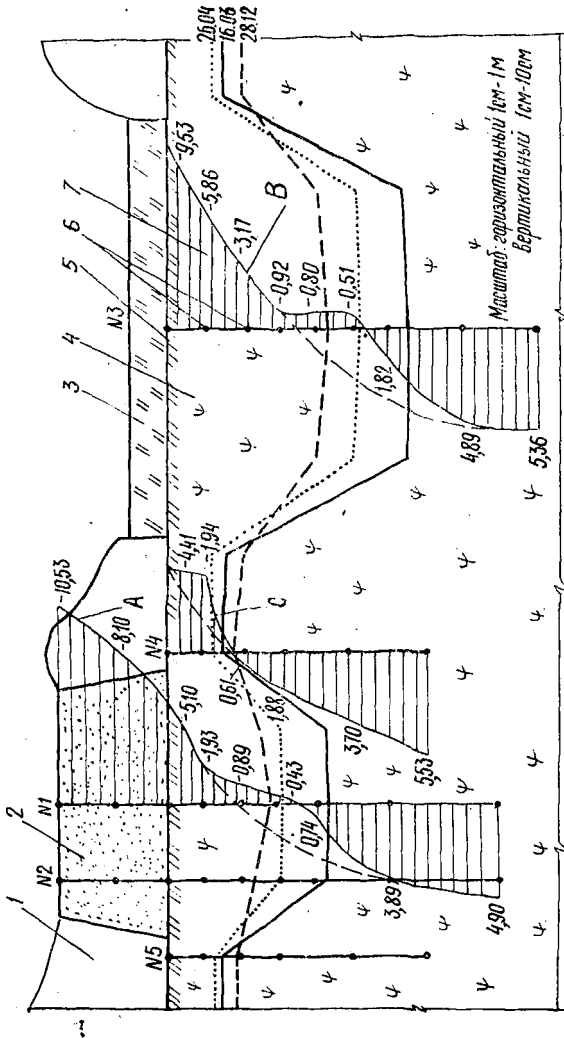


Рис. 2. Опытные участки зимней дороги: 1 — снежный покров; 2 — песчаная насыль; 3 — снеголед; 4 — талый торф; 5 — мерзлый торф; 6 — датчики температуры; 7 — эшоры промерзания; А, В, С — кривые распределения средних температур по глубине массива

Таблица 1

Глубина заложения датчиков, см	Температура, °С, по датам наблюдений в 1987—1988 гг.									
	28.12	21.01	29.01	05.02	12.02	18.02	25.02	16.03	12.04	26.04

Торф

0	-9,4	-13,6	-26,4	-4,5	-8,0	-18,1	-14,3	-4,4	-3,5	-2,7
15	-4,1	-7,7	-12,8	-12,1	-12,1	-12,6	-9,7	-4,7	-2,9	-2,0
30	-1,9	-4,6	-8,6	-8,3	-8,8	-8,6	-7,8	-2,8	-2,5	-1,4
40	-1,2	-2,0	-5,0	-2,0	-1,7	-1,7	-1,8	-1,7	-1,4	-0,8
50	-0,8	-1,4	-3,6	-0,2	-0,1	-0,3	-0,7	-1,2	-0,8	-0,7
60	0,2	-0,3	-1,1	-0,1	0	-0,8	-0,7	-0,8	-0,6	-0,1
70	2,0	1,4	-0,3	-0,8	-0,5	-0,6	-0,8	-0,6	3,7	3,9
90	2,8	2,7	3,3	3,9	3,8	4,0	4,2	4,7	4,6	4,6
120	3,7	3,8	5,8	5,6	5,0	4,8	5,0	5,2	5,0	5,1

Воздух

0	-10,0	-14,3	-28,7	-4,8	-8,4	-18,6	-14,3	-4,6	-8,2	-3,4
---	-------	-------	-------	------	------	-------	-------	------	------	------

Таблица 2

Глубина заложения датчиков z , см, и температура торфа T , °С, для скважин									
№ 1		№ 2		№ 3		№ 4		№ 5	
z	T	z	T	z	T	z	T	z	T
0	-14,3	0	-14,1	0	-14,2	0	-4,9	0	-5,5
15	-9,8	15	-10,6	10	-7,1	10	-2,6	10	-3,4
30	-7,8	30	-7,6	20	-3,7	20	0,7	20	0,8
40	-1,8	40	-3,1	40	-0,8	40	1,9	40	2,2
50	-0,7	50	-0,8	50	-0,8	50	3,2	50	3,5
60	-0,7	60	-1,7	60	-0,6	60	5,6	60	5,6
70	-0,8	70	-0,8	70	-0,3				
90	4,2	90	4,0	90	5,4				
120	5,0	120	5,2	120	5,4				

Материалы наблюдений за распределением температуры торфа по его толщине для скважины № 1 за весь период наблюдений приведены в табл. 1. Аналогичные результаты получены для остальных четырех скважин. Данные наблюдений по всем пяти скважинам на одну дату — 25.02 1988 г. приведены в табл. 2.

На рис. 2 показано положение границы промерзания (0 °С) в пределах поперечного профиля участка для трех моментов наблюдений. Как и следовало ожидать, эта граница является подвижной, опускаясь по мере накопления суммы отрицательных температур и поднимаясь при прогревании в весенний период. Наиболее интенсивно промерзло основание зимних дорог обоих типов.

Для участка дороги первого типа (песчаная насыпь на деревянном настиле) суммарная толщина промороженного грунта (песок + торф) составила 71...73 см и наблюдалась с середины января до середины марта (см. данные табл. 1). За вычетом толщины насыпи и деревянного настила толщина мерзлого торфа составила только 41...43 см.

Для участка дороги второго типа (снеголед на поверхности дороги с проминкой торфяного покрова осенью) наибольшая глубина промерзания торфа 60...61 см была в период с середины февраля до середины апреля. Разница между глубиной промерзания оснований дорог этих двух типов, равная 10 см, была и в другие моменты наблюдений.

Более интенсивное промерзание оснований при устройстве песчаного полотна объясняется большей теплопроводностью минерального грунта по сравнению с торфом. Этим компенсируется влияние мохового покрова под деревянным настилом, который к тому же уплотнен насыпью и деревянным настилом. Влияние на интенсивность промерзания прослойки из синтетического материала не установлено, но оно, очевидно, невелико.

Поскольку прочность мерзлого минерального грунта (песок) существенно выше прочности мерзлого торфа, а суммарная глубина промерзания для дорог первого типа больше, то можно ожидать, что несущая способность этих дорог выше.

Однако дороги первого типа более трудоемки, требуют большого расхода древесины для устройства поперечного и продольного настила и могут быть рекомендованы в основном для магистралей. На ветках и усах ограниченного срока действия более экономично строительство зимних дорог непосредственно на поверхности болота с проминкой мохового покрова. Дороги такого типа можно также использовать для движения порожних автопоездов на двухпутных участках.

Глубина промерзания торфа на целине под естественным снежным покровом невелика (15...18 см). Это означает, что проведение спе-

циальных работ для подготовки оснований зимних дорог существенно влияет на интенсивность промерзания и вполне оправдано как экономически, так и технически.

Характер распределения температур по толщине грунтового массива зависит от температуры воздуха. На поверхности проезжей части дорог обоих типов температура дорожной одежды практически совпадает с температурой воздуха (коэффициент корреляции $r = 0,99$). С увеличением глубины эта связь ослабевает и определяется во многом характером распределения теплового потока со стороны дневной поверхности в глубь болота и со стороны талого торфа в мерзлый торф. Температура талого торфа составляет $5,0 \dots 5,5$ °С. Учитывая большой объем талого торфа, окружающего промороженную часть дорог, его тепловое влияние на процессы промораживания следует признать весьма существенным.

Сложный характер взаимодействия тепловых потоков определяет характер распределения температуры по толщине торфяного массива. По графикам, приведенным на рис. 3 для скважины № 1, нельзя установить какую-либо экспериментальную зависимость, позволяющую прогнозировать распределение температур по глубине.

Более наглядное представление можно получить по значениям средних температур слоев за весь период наблюдений, т. е. с 28.12 1987 г. по 26.04 1988 г. Такие средние значения позволяют сгладить колебания температур по слоям в течение зимнего периода и судить о закономерности их распределения.

Графики зависимости распределения средних температур по глубине для скважин № 1 (А), № 3 (В), № 4 (С) приведены на рис. 2. Кривые А и В состоят из трех участков. На первом, расположенном между поверхностью дороги и зоной, где температура торфа составляет примерно -2 °С, она плавно убывает с глубиной. На втором участке, расположенном в зоне температур, близких к нулю, графики резко изменяют наклон. В этой зоне происходят фазовые и агрегатные превращения влаги. Наконец, ниже расположен третий участок, где температура талого торфа плавно повышается.

Возможный вид графиков при отсутствии фазовых и агрегатных превращений влаги показан на рис. 2 (А и В) пунктирной линией.

Для скважин № 4 (и № 5), расположенных под естественным снежным покровом, участок фазовых превращений на графике С (рис. 2) в явном виде не выражен, что объясняется, по-видимому, общим невысоким уровнем отрицательных температур мерзлого слоя торфа на этих участках болота.

Установлено, что распределение температур мерзлого торфа не постоянно в течение сезона и влияет на значения основных расчетных физико-механических величин, таких, как модуль деформации торфа и др. Материалы наблюдений позволяют более обоснованно подойти к назначению расчетного модуля упругости в различные периоды эксплуа-

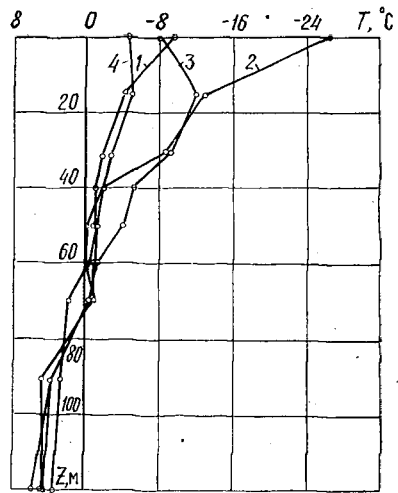


Рис. 3. Графики изменения температуры по глубине грунтового массива для скважины № 1: 1 — на 28.12 1987 г.; 2 — на 29.01 1988 г.; 3 — на 12.02 1988 г.; 4 — на 16.03 1988 г.

тации дорог. При расчете требуемой толщины замороженного слоя торфа оправданно использовать средние значения температур торфа за тот или иной период эксплуатации.

Графики средних температур показывают, что основной несущей способностью обладает тот массив торфа, где в течение всего срока эксплуатации не происходит фазовых и агрегатных превращений влаги. Толщина его, по данным наших наблюдений (рис. 2), составляет 40 см для дорог первого типа и 25 см для дорог второго типа. Нижележащий слой толщиной примерно 20 см, где происходят фазовые и агрегатные превращения влаги, имеет вспомогательное значение, так как модуль его упругости значительно меньше модуля упругости мерзлого торфа.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Мигляченко В. П. Зимнее строительство лесовозных автомобильных дорог.— М.: Лесн. пром-сть, 1988.— 168 с. [2]. Роман Л. Т. Мерзлые торфяные грунты как основания сооружений.— Новосибирск: Наука, 1987.— 113 с. [3]. Строительство промысловых сооружений на мерзлом торфе / С. С. Вялов, Г. Л. Каган, А. Н. Воевода, В. И. Муравленко.— М.: Недра, 1980.— 143 с.

Поступила 30 декабря 1988 г.

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ
И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

УДК 630*813

ВЛИЯНИЕ
СТРУКТУРЫ ФЕНОЛОФОРМАЛЬДЕГИДНОГО ПОЛИМЕРА
НА СВОЙСТВА МОДИФИЦИРОВАННОЙ ДРЕВЕСИНЫ

В. М. ХРУЛЕВ, А. Г. МАНЬШИН

Новосибирский инженерно-строительный институт

Модифицирование древесины фенолоформальдегидными смолами и композициями на их основе значительно улучшает ее физико-механические свойства и химическую стойкость [3, 4]. Исследований по определению зависимости эксплуатационных свойств древесины от структуры формирующегося фенолоформальдегидного полимера при его модификации и отверждении в теле древесины проведено недостаточно [1]. Модифицирование древесины проводят чаще всего без предварительных структурных исследований модифицирующих составов, что приводит обычно к улучшению одних свойств у композиционного материала за счет снижения других.

Ранее было установлено, что использование фенолоформальдегидных смол в качестве модифицирующих составов для деревянных элементов придавало им повышенную хрупкость и вызывало значительные усадки материала. Это послужило основанием предполагать развитие в период формирования структуры композита больших внутренних напряжений, вызывающих нарушение целостности материала, что является, на наш взгляд, одной из основных причин снижения его химической стойкости при эксплуатации в жидких агрессивных средах.

В настоящей работе рассмотрены некоторые результаты изучения структуры и свойств фенольно-латексной композиции, а также влияния модификации пропитываемого состава на химическую стойкость модифицированной древесины в растворах электролитов.

В качестве модифицирующего материала использовали фенолоспирты марки В (ТУ 6-05-1164—81), выпускаемые НПО «Карболит» г. Кемерово, и бутадиен-стирольный латекс СКС-65ГП (ГОСТ 10564—75), количество которого варьировали от 2 до 25 %. Выбор латекса СКС-65ГП обусловлен комплексом высоких физико-механических характеристик в сочетании с низкой температурой стеклования и хорошей химической устойчивостью к жидким агрессивным средам.

Состав получали смешиванием компонентов при 20 ± 4 °С до получения однородной массы. Латекс предварительно стабилизировали 20 %-м раствором поверхностно-активного вещества ОП-7 (ГОСТ 8433—81) с массовым содержанием 5, частей от объема латекса. Образцы полученного состава отверждали по режиму термообработки пропитанной полимерами древесины, что дало возможность определить оптимальные параметры температурных воздействий (продолжительность отверждения при температуре 100 °С — 36 ч) и выявить кинетику внутренних напряжений в сравнении с немодифицированными фенолоспиртами.

Для получения оптимального состава определяли вязкость исходных и совмещенных фенолоспиртов и прочность отвержденных композиций при сжатии (рис. 1). На рис. 2, а, б представлены электронномикроскопические снимки образцов (при увеличении в 1500 раз) исходных и полученных полимерных составов. Из снимков видно, что надмолекулярные образования можно охарактеризовать как глобулярную структуру.