

634.0.3
+ Л 88

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ БССР

БЕЛОРУССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМЕНИ С. М. КИРОВА

На правах рукописи

ЛЫЩИК Петр Алексеевич

**ИССЛЕДОВАНИЯ СПОСОБОВ РЕГУЛИРОВАНИЯ
ВОДНО-ТЕПЛОВОГО РЕЖИМА
АВТОМОБИЛЬНЫХ ЛЕСОВОЗНЫХ ДОРОГ**

Специальность 05.21.01 - процессы и технология
лесоразработок, лесозаготовок, лесного хозяйства,
лесопильных и деревообрабатывающих производств

А в т о р е ф е р а т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Минск 1976

Работа выполнена в Белорусском технологическом институте им. С. М. Карла на кафедре с. докт. наук по специальности: лесоводство и дорожные науки

Научный руководитель — профессор, доктор технических наук БЕЛКОВИЧ И. В.

Официальные оппоненты: профессор, доктор технических наук ТУЛАНОВ А. Я.

доктор, кандидат технических наук БАЙНОВИЧ С. Ф.

Рабочая организация — Государственный институт по проектированию лесоводственных, лесосильных, деревообрабатывающих предприятий и путей лесотранспорта (ГИПРОЛЕССТРАТЕ)

Защита состоялась 24 ноября 1976г. в 10⁰⁰ часов на заседании специализированного совета В-487/2 по присуждению ученой степени кандидат наук в Белорусском технологическом институте им. С. М. Карла

Адрес: 220630, Минск-50, ул. Свердлова, 13а.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Белорусского технологического института им. С. М. Карла.

Автореферат разослан 23 октября 1976 г.

Ученый секретарь специализированного совета,
доктор, кандидат технических наук Грушецкая Е. А.

КНХ

ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. Транспорт леса - основное и решающее звено лесозаготовительного процесса. В настоящее время на долю автомобильного лесотранспорта приходится более 80% вывозки древесины, заготавливаемой в стране. Для обеспечения нормальной работы лесозаготовительных предприятий ежегодно необходимо отстроить около 50 тыс. км лесовозных дорог.

По данным Гипролестранса годовой объем вывозки леса автотранспортом, которым располагают предприятия Минлеспром СССР, может быть увеличен в среднем на 30% при условии повышения несущей способности дорожных одежд, эксплуатации дорог круглый год, улучшения службы содержания и ремонта дорог.

47680р

Известно, что основной причиной, определяющей прочность и устойчивость автомобильных лесовозных дорог, является изменение содержания влаги в грунтах земляного полотна, т.е. прочность дорог обуславливается их водно-тепловым режимом. В связи с этим важнейшее значение приобретает проблема регулирования водно-теплового режима автомобильных лесовозных дорог. Особая роль при этом отводится использованию пластмассовых материалов для устройства дорожного дренажа и гидроизолирующих прослоек. Решающее значение эти вопросы приобретают в связи с направленностью десятой пятилетки - пятилетки качества и эффективности.

Цель работы - исследование особенностей водно-теплового режима автомобильных лесовозных дорог и создание систем, регулирующих водно-тепловой режим земляного полотна с применением пластмассовых материалов.

В диссертационной работе рассмотрены климатические, гидрологические и почвенно-грунтовые особенности районов строительства автомобильных лесовозных дорог в условиях Белорусской ССР; исследовано влияние дренажей и гидроизолирующих прослоек на величину влагонакопления в земляном полотне; доказана целесообразность применения пластмассовых дренажных труб для

ИНСТИТУТ ЛЕСА БТИ
Исполнитель: С. М. НИКОВА

устройство дорожного дренажа и полиэтиленовой нестабилизированной пленки для создания гидроизолирующих слоев, установлена оптимальная глубина их заложения; оценена экономическая эффективность применения способов регулирования водно-теплого режима автомобильных лесовозных дорог; озаглавлены вопросы приложения результатов исследования к решению практических задач по повышению прочности дорожных одежд автомобильных лесовозных дорог.

Базой исследования являлась сеть эксплуатируемых автомобильных лесовозных дорог ряда лесопромхозов и автомагистраль Москва-Минск-Брест.

Научная новизна заключается во вскрытии воздействия осушения земляного полотна на прочность автомобильных лесовозных дорог, а также в определении наиболее рационального местоположения гидроизолирующих прослоек в теле земляного полотна. Доказана целесообразность применения пластмассовых дренажных труб для устройства дорожного дренажа и полиэтиленовой нестабилизированной пленки для создания гидроизолирующих слоев.

Практическая ценность работы состоит в том, что в ней даны рекомендации производству по регулированию водно-теплого режима земляного полотна автомобильных лесовозных дорог с применением пластмассовых гофрированных труб и полиэтиленовой нестабилизированной пленки. Результаты настоящего исследования использованы при издании "Методического руководства по проектированию и расчету автомобильных лесовозных дорог в условиях Белорусской ССР", утвержденного Минлеспромом БССР.

Расчет показал, что экономический эффект от внедрения результатов исследования в практику проектирования и строительства автомобильных лесовозных дорог составляет от 1,6 до 4,5 тыс.руб. на 1 км дороги.

Реализация работы в промышленности. Результаты настоящей работы внедрены головными проектным институтом Минлеспрома СССР "Гипролестрансом"

при проектировании дорог Игиринского леспромхоза объединения "Иркутсклеспром" и дорог Усть-Илимского лесопромышленного комплекса.

А п р о б а ц и я р а б о т ы. Основные положения, разработанные в диссертации, доложены и обсуждены на Всесоюзных научно-технических конференциях (Москва, 1975; Минск, 1972; Гомель, 1973 гг.), на Транспортной секции НТО Гипролестранса (Ленинград, 1972, 1974 гг.), на научно-технических конференциях профессорско-преподавательского состава Белорусского ордена Трудового Красного Знамени политехнического института (Минск, 1971) и Белорусского технологического института им. С. М. Кирова (Минск, 1970-1976 гг.).

П у б л и к а ц и и. По теме диссертации опубликовано 10 работ.

О б ъ е м р а б о т ы. Весь экспериментально-теоретический материал диссертации состоит из введения, четырех глав основного текста, выводов, списка литературы и пяти приложений в виде таблиц расчетных и экспериментальных данных, рисунков и акта внедрения. Основная часть диссертации изложена на 153 страницах машинописного текста, содержит 43 рисунка и 24 таблицы. Список литературы включает 142 наименования, из них 12 зарубежных авторов.

СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Фундаментальные отечественные исследования в области водно-теплового режима и способов его регулирования автомобильных дорог общего пользования принадлежат профессорам А. Я. Тулаеву, И. А. Золотарю, В. М. Сиденко, Н. А. Пузылку и их ученикам.

В различных районах страны с учетом региональных природно-климатических и почвенно-грунтовых условий территории СССР были выполнены исследования, направленные на изучение водно-тепловых процессов, протекающих в дорожных конструкциях: на Северо-Западе Европейской части СССР - И. Б. Корсунским, П. Д. Росовским и др.; на Дальнем Востоке - Г. П. Собиным, А. И. Ярмолин-

ским; в Архангельской области - Т.А. Гурьевым, В.А. Лукиной и др.; в Литовской ССР - А.И. Томашевичуосом; на Украине - И.А. Носич, А.И. Бондаренко, П.Г. Матвеевко и др.; в Западной Сибири - М.Н. Кудрявцевым, Г.И. Шелопаевым и др.; на Северо-Востоке Европейской части СССР - Ю.В. Байбаковым, Е.И. Богатыревой; в Белоруссии - И.И. Леоновичем, Н.П. Вырко, Р.Э. Лорицким, В.П. Корюковым; в Средней Азии, Казахстане - Ю.Л. Мотылевым, М.Ф. Иерусалимской и др. Результаты этих исследований послужили основой и способствовали созданию прочных и устойчивых дорожных конструкций с учетом их водно-теплого режима. Однако, большинство этих исследований относится к дорогам общего пользования, которые существенно отличаются по своим конструктивным, технологическим и эксплуатационным признакам от автомобильных лесовозных дорог. Автомобильные лесовозные дороги, как правило, имеют водопроницаемые покрытия; невысокие насыпи (до 0,5 м около 80%), около 30% дорог пересекают болота и заболоченные места; низкие дорожные качества грунтов земляного полотна; резкую неравномерность грузооборота по участкам дороги и односторонность грузопотоков; на вывозке леса применяются тяжелые многоосные автопоезда и т.д.

Натурные наблюдения показали, что весенняя влажность грунтов земляного полотна автомобильных лесовозных дорог выше расчетной, установленной по Инструкции ВСН 46-72. Из-за переувлажнения грунтов земляного полотна и снижения несущей способности дорожных конструкций в весенний период существенно снижается срок службы дорожных одежд.

Многолетний опыт строительства и эксплуатации автомобильных дорог общего пользования показал, что срок службы дорожной одежды существенно зависит от эффективности ее осушения. Создание систем, регулирующих водно-тепловой режим дорожных конструкций, является важным шагом в деле повышения прочности автомобильных лесовозных дорог.

В настоящее время для устройства дорожного дренажа применяются асбестоцементные, гончарные и керамические трубы. В последние годы по инициативе МАДИ стали применяться трубофильтры, совмещающие в себе фильтровую обсыпку и трубы. Одна-

ко, широкое применение трубофильтров сдерживается отсутствием производственной базы по их изготовлению. Гидроизолирующие прослойки, как правило, устраиваются из грунтов, обработанных вяжущими материалами. Следует отметить, что гончарные дренажи и гидроизолирующие прослойки из грунтов, обработанных вяжущими, работают неудовлетворительно, срок службы их мал, устройство трудоемко. В работе показана целесообразность применения для строительства дорожного дренажа пластмассовых гофрированных труб, а для создания гидроизолирующих слоев использование полиэтиленовой нестабилизированной пленки.

В связи с изложенным и исходя из проблемы повышения прочности и устойчивости автомобильных лесовозных дорог к основным задачам исследований отнесены:

1. Изучение особенностей климатических, гидрологических и почвенно-грунтовых условий района строительства автомобильных лесовозных дорог.

2. Исследование работоспособности пластмассовых гофрированных труб и полиэтиленовой нестабилизированной пленки применяемых для устройства дорожного дренажа и гидроизолирующих прослоек в земляном полотне. Обоснование оптимальной глубины их заложения.

3. Установление влияния регулирования водно-теплового режима на прочность дорожных одежд автомобильных лесовозных дорог.

4. Оценка экономической эффективности применения устройств, регулирующих водно-тепловой режим автомобильных лесовозных дорог.

ВОДНО-ТЕПЛОВОЙ РЕЖИМ РАЙОНА СТРОИТЕЛЬСТВА АВТОМОБИЛЬНЫХ ЛЕСОВОЗНЫХ ДОРОГ

Основное климатообразующее влияние на завале II дорожно-климатической зоны оказывает Атлантический океан. Среднегодовые температуры воздуха колеблются от 7,4 на юге до 4,4⁰С на севере района исследований. По средним многолетним данным лето является умеренно-теплым и достаточно влажным. Средне-

месячные температуры лета колеблются в пределах 13–16⁰С. Воздушные массы, приходящие с запада, приносят летом пасмурную и дождливую погоду, а зимой – значительное потепление, оттепели и частые оттепели, которые создают неблагоприятные условия проникания водно-теплового режима, т.е. создаются условия для накопления дополнительной влаги в земляном полотне автомобильных лесовозных дорог.

Проведенные исследования показали, что относительная влажность грунтов земляного полотна дорог с гравийным покрытием в результате оттепелей увеличивается на 0,27–0,35 W_r без учета увеличения влажности в первый период промерзания, в то время как на автомобильной дороге с асфальтобетонным покрытием это увеличение составило 0,1–0,25 W_r. По исследованиям к.т.н. Р.В.Порыцкого в зависимости от природных и конструктивных особенностей участка дороги в БССР влажность грунтов земляного полотна за счет продолжительных зимних оттепелей увеличивается на 0,05–0,3 W_r. Следует отметить, что за период оттепелей наблюдается и увеличение уровня грунтовых вод, что способствует дополнительной миграции влаги в земляное полотно за счет активизации пленочного механизма передвижения воды

Среднегодовое количество осадков составляет 540–700 мм. Для решения дорожных и транспортных задач необходимо знать вид осадков. В среднем за год выпадает 70–80% осадков в жидком виде, твердые осадки составляют 10–15%, остальные – смешанные. Расчеты показывают, что за осенний период влагонакопления грунты земляного полотна автомобильных лесовозных дорог подвергаются увлажнению атмосферным осадкам в жидком виде на протяжении 70–150 суток, а количество жидких осадков, идущих на увлажнение земляного полотна, составляет 70–185 мм. Поступление такого количества влаги в грунт земляного полотна способно переувлажнить его и существенно уменьшить прочность дорожной одежды. Влажность грунтов земляного полотна в весенний период, как правило, близка к влажности на границе текучести, а иногда и превышает ее.

Глубина промерзания грунтов является важным показателем, определяющим водно-тепловой режим дорог. Для установления расчетных глубин промерзания грунтов земляного полотна авто-

автомобильных лесовозных дорог нами использован метод "аналога". В результате проведенных исследований получен переходной коэффициент, позволяющий определить глубину промерзания грунтов земляного полотна при известной глубине промерзания под снегом. Для автомобильных лесовозных дорог первой категории $K_p = 1,82$ при 5% обеспеченности, для второй - $1,92$ при 10% обеспеченности и для третьей - $2,04$ при 20% обеспеченности. Максимальная глубина промерзания была зафиксирована в 1974 г. - 173 см, минимальная - 85 см в 1971г.

Существенным фактором, влияющим на величину влагонакопления и прочность земляного полотна, является скорость промерзания и оттаивания. За период наблюдений установлено, что скорость промерзания грунтов земляного полотна по оси дороги составляет 1,2-2,2, а на обочине 0,8-1,8 см/сутки при продолжительности периода промерзания около 125 суток, а скорость оттаивания по оси 2,5-3,8 и на обочине - 1,8-3,4 см/сутки.

Большое количество осадков, частые оттепели, малая скорость промерзания, высокий уровень грунтовых вод, водопроницаемость дорожных одежд создают неблагоприятные условия для нормального протекания водно-тепловых процессов в грунтах земляного полотна автомобильных лесовозных дорог. Переувлажнение грунтов земляного полотна приводит к уменьшению прочности дорожных одежд, которые под действием лесовозных автопоездов частично или полностью разрушаются. Для улучшения протекания водно-тепловых процессов необходимо предусмотреть инженерные мероприятия, способствующие регулированию водно-теплового режима дорожных конструкций.

КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОПЫТНЫХ УЧАСТКОВ И ПРИБОРЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для решения поставленных задач на действующих автомобильных дорогах были заложены опытные участки с устройствами, регулирующими водно-тепловой режим. Характеристика опытных участков представлена в табл. I.

Таблица I

Характеристика опытных участков

| Номер опыт- ного уч-ка | Способ регулирования водно-теплового режима | Глубина заложе- ния, м | Высо- та насы- пи, м | Толщина дорожной одежды, см | Длина опыт- ного уч-ка, м |
|---------------------------------|--|------------------------------|-------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |

Автомобильная лесовозная дорога Червенского
леспромхоза Старый Пруд-Рованичи (13-14 км)

| | | | | | |
|----|---|------|-----|-----------|-----|
| 1. | Осушение верхней части земляного полотна при по- мощи гончарных дренажных труб диаметром 75 мм | 0,45 | 0,7 | 34(19+15) | 150 |
| 2. | То же при диаметре труб 50 мм | 0,45 | 0,7 | 33(18+15) | 150 |
| 3. | Осушение верхней части зем- ляного полотна при помощи пластмассовых гофрирован- ных дренажных труб диамет- ром 100 мм | 0,50 | 0,6 | 35(19+16) | 100 |
| 4. | То же при диаметре труб 50 мм | 0,40 | 0,6 | 33(18+15) | 150 |
| 5. | Устройство гидроизолирую- щей прослойки из полиэти- леновой нестабилизирован- ной пленки толщиной 0,2 мм | 0,80 | 0,6 | 36(16+20) | 75 |
| 6. | Контрольный участок | - | 0,6 | 46(21+25) | 150 |

Автомобильная дорога Москва-Минск-Брест
(756 км)

| | | | | | |
|----|--|------|-----|------------------|-----|
| 1. | Осушение верхней части земляного полотна при по- мощи пластмассовых гофри- рованных дренажных труб диаметром 50 мм | 0,80 | 0,8 | 57 (16+11+30) | 150 |
|----|--|------|-----|------------------|-----|

Продолжение таблицы I

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|------|-----|---|------------------------|-----|
| 2. То же при диаметре труб 100 мм | 0,83 | 1,0 | | 56 (16+10+30) | 150 |
| 3. Устройство гидрозащитной прослойки из полиэтиленовой нестабилизированной пленки толщиной 0,2 мм | 1,10 | 0,9 | | 59 71 (16+13+30) | 70 |
| 4. Контрольный участок | - | 0,9 | | (16+15+40) | 100 |

Примечание: 1. Дренаж устраивался в две нитки по кромкам проезжей части. 2. Для защиты дрен от заиливания применялся стеклохолст ВВГ (СТУ-77-10-218-65). 3. Полиэтиленовая нестабилизированная пленка укладывалась на всю ширину земляного полотна с поперечным уклоном 30-40%

На опытных участках установлены приборы, позволяющие проводить круглогодичные наблюдения за водно-тепловым режимом земляного полотна и дорожных одежд. Для измерения влажности грунтов земляного полотна применялся нейтронный индикатор влажности (НИВ-2), почвенный влагомер АМ-11, а контроль осуществлялся термостатно-весовым методом. Контроль за тепловым режимом осуществлялся термосопротивлениями ММТ-4 (13 кВ) и мерзлотомерами Данилина. Источники увлажнения грунтов устанавливались с помощью гидрологических скважин и нивелированием уровня поверхностных вод. Модуль деформации земляного полотна и дорожных одежд определялся рычажным протометром МАДИ-ЦНИИД и прессом ХАДИ. Расход воды из дренажей измерялся мерными емкостями.

Перед закладкой датчики и приборы были тарированы и построены тарировочные графики.

При исследовании водно-теплого режима земляного полотна и дорожных одежд руководствовались типовыми методиками СоюздорНИИ, МАДИ, ХАДИ. Полученные данные наблюдений обрабатывались методом математической статистики и методом "годостатистик", предложенным профессором Н.А.Пузановым.

ПРИМЕНЕНИЕ ПЛАСТМАССОВЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ УСТРОЙСТВА ДОРОЖНОГО ДРЕНАЖА И ГИДРОИЗОЛИРУЮЩИХ ПРОСЛОЕК

Дренажные трубы из полиэтилена высокой плотности, выпускаемые отечественными предприятиями, нашли широкое применение в области мелиорации заболоченных земель республик Прибалтики, Белоруссии, Украины и др.

Нами для устройства дренажа использовались гофрированные пластмассовые трубы диаметром 50 и 100 мм, которые подвергались испытаниям на прочность, деформируемость по условиям работы в земляном полотне автомобильных леовозных дорог как в лабораторных, так и в полевых условиях. Краткая характеристика дренажных труб приведена в табл.2.

Таблица 2

Характеристика гофрированных дренажных труб

| Диаметр, мм | Толщина стенки, мм | Размеры гофр, мм | | Вес 1 пог. м труб, кг | Диаметр перфорации, мм | Водопривная площадь, см ² /пог. м | |
|----------------|--------------------------|------------------|--------|--------------------------------|------------------------------|--|------|
| | | шаг | высота | | | | |
| 50 | 44,6 | 0,8+0,2 | 4,6 | 3,0 | 0,15 | 1,4 | 10,0 |
| 100 | 92,8 | 1,3+0,3 | 7,0 | 4,0 | 0,50 | 1,4 | 7,0 |

Дренажные трубы на дорогах работают в условиях переменной влажности, температуры, нагрузки и плотности окружающих грунтов. Нагрузка на трубы и их устойчивость в значительной степени определяются физическими и прочностными характеристиками грунта, в котором они уложены.

По действующим в СССР нормам (СНиП П-31-74) расчетная приведенная вертикальная нагрузка на трубы, уложенные в траншее, определяется по зависимости

$$P = \alpha k_{\text{гр}} \rho (\delta H + P_{\text{сп}}) \left(\frac{B}{D_n} + 1 \right) D_n^2, \quad (3.5)$$

где α — коэффициент, зависящий от способа опирания трубопровода на основание; $k_{\text{гр}}$ — коэффициент вертикального давления грунта в траншее; ρ — коэффициент, учитывающий боковое да-

*Номера формул соответствуют номерам формул в диссертации.

ление грунта на трубопровод; δ - объемный вес грунта;
 H - глубина заложения дрена; P_p - временная нагрузка;
 B - ширина траншеи; D_n - наружный диаметр трубы.

Критическое внешнее давление, которое могут выдержать пластмассовые трубы, определяется по зависимостям (3.6), (3.7) и в расчет принимается меньшее из двух

$$P_{кр} = P_d + 1,143 P_r \quad (3.6)$$

$$P_{кр} = 2 \sqrt{P_d P_r} \quad (3.7)$$

где P_d и P_r - параметры, характеризующие жесткость кольца трубы и окружающего грунта.

Чтобы обеспечить устойчивость круговой формы поперечного сечения дренажной трубы, должно быть выполнено условие

$$P_{кр} > P_{кр}' \geq \frac{P}{100 k_y D_n} \quad (3.8)$$

где k_y - коэффициент условия работы труб на устойчивость.

Расчеты показывают, что при укладке труб диаметром 50 мм в земляное полотно на глубину 20 см расчетная приведенная вертикальная нагрузка (3.5) на 1 пог.м трубы составляет 48,7 кГ, а критическое внешнее давление, которое могут выдержать трубы - 80,5 кГ/см². Следовательно, условие (3.8) выполняется, так как $P_{кр} \gg P_{кр}' = 0,163$ кГ/см².

При строительстве дорог возможен наезд автогрейдеров и другой строительной техники на дренажи, поэтому необходимо учитывать и временную нагрузку. Исследования показали, что при наезде автогрейдера Д-557 на ровик глубиной 20 см, заполненный неуплотненным грунтом, вертикальное укорочение труб диаметром 50 мм составило 0,29 см при допустимом 0,731. При снятии нагрузки укорочение вертикального диаметра уменьшалось на 20-30%.

Исследования, выполненные в лабораторных условиях согласно ВТУ 3-3-68 на гофрированные трубы из ПВХ дали положительные результаты, так укорочение вертикального диаметра для труб диаметром 100 мм составило 10,3%, для труб диаметром 50 мм - 4,5% при допуске по ВТУ 3-3-68 - 12% (рис. 1а).

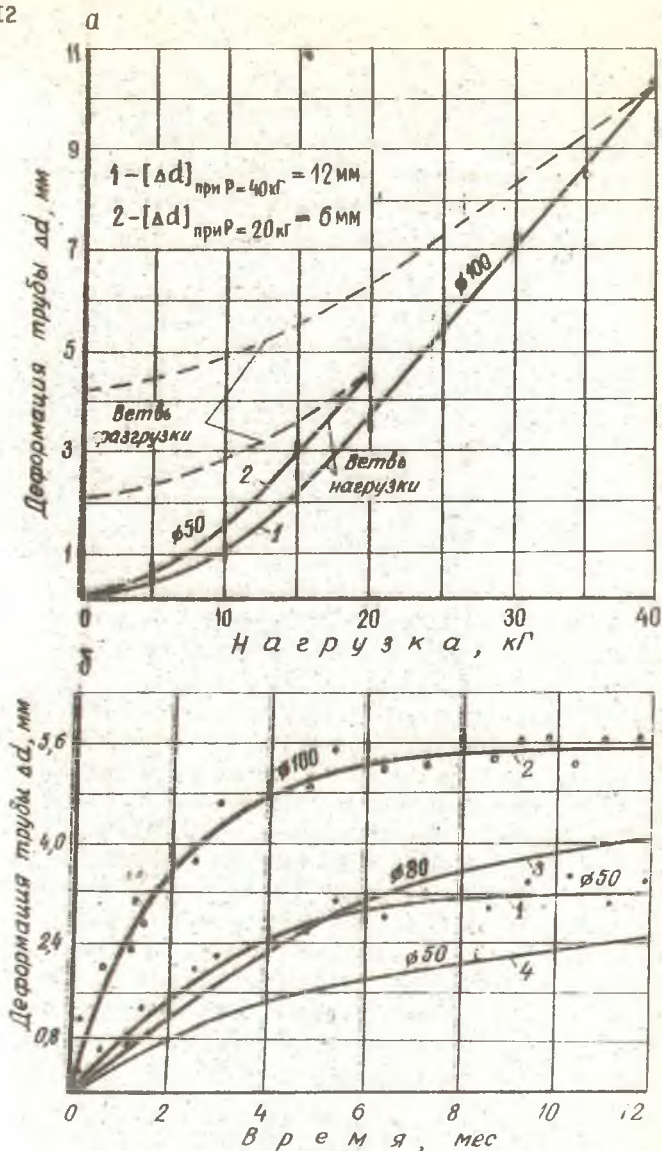


Рис. I. Деформация дренажных труб из полиэтилена:
 а - лабораторные испытания; б - полевые испытания;
 1, 2 - по данным автора; 3, 4 - по данным
 Н.С. Полосиной-Никитиной

Результаты исследований, проведенных в полевых и лабораторных условиях при нагрузке штампом и при наезде колеса автопоезда МАЗ-509+2Р-15 на трубы, уложенные на различной глубине показывают, что деформация труб уменьшается с глубиной их заложения. При глубине заложения труб 20 см и $\rho = 5,5 \text{ кг/см}^2$ уменьшение вертикального диаметра составляет: для труб диаметром 50 мм - 0,3 мм, а для труб 100 мм - 0,45 мм. Следует отметить, что первоначальная деформация труб с глубиной их заложения увеличивается. Так, при заложении труб на глубину 5 см вертикальный диаметр уменьшился на 0,68 мм, а при глубине 25 см уменьшение составило 0,94 мм.

На рис. 10 представлены данные исследований деформации пластмассовых дренажных труб на опытных участках. Интенсивная деформация наблюдается в первые 2-4 месяца и максимальное укорочение вертикального диаметра для труб диаметром 100 мм составило 5,4 мм (5,4%), а для труб диаметром 50 мм - 3,0 мм (6%), что меньше допускаемого (12%).

Наблюдения показали, что пластмассовые дренажные трубы обладают высокой пропускной способностью. Так, при уклоне труб 0,015 наблюдаемый максимальный расход воды из труб диаметром 50 и 100 мм составил 0,26-0,30 л/с. Исследования, проведенные к.т.н. Н.С.Полосиной-Никитиной, по определению пропускной способности пластмассового дренажа показали, что гофрированные пластмассовые трубы диаметром 50 мм обеспечивают пропуск воды от 0,53 при уклоне 0,005 до 1,06 л/с при уклоне 0,02. Из полученных данных видно, что пропускная способность пластмассовых труб велика и превышает максимальный из наблюдаемых расходов.

Для выбора конструкции дренажных пластмассовых труб и назначения фильтрационных обкладок при любом сочетании грунт-фильтр-дрена предлагается использовать метод контактных сопротивлений. Достоверность предлагаемого метода доказана путем сравнения теоретического и экспериментального притока воды к дрению. Расхождения в величинах составляют от 1,7 до 6,6%. Установленные численные значения удельного контактного сопротивления позволили определить площадь перфорационных

отверстий для пластмассовых труб, применяемых при строительстве дорожного дренажа - 8-10 см² на 1 пог.м трубы.

Для устройства гидроизолирующих прослоек нами использована полиэтиленовая нестабилизированная пленка черного цвета, которая является стойкой по отношению к различного рода бактериям, почвенным микроорганизмам и кислотам. Удельный вес пленки 0,92 г/см³, толщина 0,2 мм, прочность на растяжение 110-180 кг/см², относительное удлинение при разрыве 300-600%, температура размягчения 110-112°С, а морозостойкость - 70°С.

Исследования были направлены на определение глубины заложения пленки, влияние ее на влагонакопление в грунтах земляного полотна и пучение.

Лабораторные исследования проводились путем промораживания колонок грунта высотой 50 см. В колонках на разной глубине укладывались гидроизолирующие слои из полиэтиленовой нестабилизированной пленки. Промораживание образцов происходило только сверху при температуре -17-20°С с подтоком и без подтока воды.

Установлено, что оптимальная глубина заложения гидроизолирующих слоев для супесчаных грунтов составляет 0,4-0,5 м, а для суглинистых - 0,3-0,4 м. При устройстве гидроизолирующих слоев на большей глубине происходит переувлажнение верхних слоев земляного полотна.

Исследования показали, что при начальной влажности грунта более оптимальной в верхней части колонок имеет место значительное влагонакопление (0,8-0,9 W_r) независимо от наличия или отсутствия прослоек.

Средняя относительная влажность грунтов земляного полотна опытных участков на автомобильной лесовозной дороге с гравийным покрытием достигла величины 0,86 W_r, в то время как на участках дороги с гидроизолирующими прослойками из полиэтиленовой нестабилизированной пленки влажность составила 0,63 W_r.

Величина морозного пучения в колонках с гидроизоляцией, заложённой на оптимальную глубину меньше на 30-35%, чем в колонках без гидроизоляции.

Из полученных результатов по влагонакоплению и пучению следует, что влажность грунта при отсылке земляного полотна не должна быть выше оптимальной, а толщина грунта над гидроизолирующей прослойкой не должна превышать установленных выше величин.

При вскрытии опытных участков не были обнаружены дефекты пленки и пластмассовых труб после 3,5 лет эксплуатации участков.

Проведенные исследования и наблюдения позволяют сделать вывод о пригодности пластмассовых гофрированных труб диаметром 50, 100 мм для устройства дорожного дренажа, а нестабилизированной полиэтиленовой пленки для создания гидроизолирующих прослоек. Следует отметить, что вид, характер и оптимальное сочетание мероприятий по ограничению поступления воды в конструкцию и отводу избытка воды из-под проезжей части назначают на основании технико-экономического анализа вариантов, составленных применительно к данному типу влажностного режима земляного полотна и дорожной одежды. Нам разработаны и предложены для практического использования расчетные схемы регулирования водно-теплового режима, позволяющие устанавливать переувлажненные зоны земляного полотна и назначать способы регулирования водно-теплового режима.

ИЗМЕНЕНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ АВТОМОБИЛЬНЫХ ЛЕСОВОЗНЫХ ДОРОГ ПРИ РЕГУЛИРОВАНИИ ВОДНО-ТЕПЛОВОГО РЕЖИМА

Известно, что влажность грунтов является одним из основных факторов, которая определяет прочность и устойчивость земляного полотна. Проф. А. К. Бирюли предложил принимать за основной показатель устойчивости земляного полотна и покрытия величину расчетной влажности, а также интервал колебаний относительной влажности грунтового основания в данном климатическом районе. Особую важность приобретает этот вопрос для малоизученных в этом отношении лесных районов страны.

Результаты исследований прочности дорожного покрытия опытных участков автомобильной лесовозной дороги на протяжении ряда лет представлены на рис.2. Из полученных результатов видно, что весной из-за переувлажнения земляного полотна происходит резкое снижение прочности дорожного покрытия. На контрольном участке прочность в отдельные годы оказалась ниже требуемой. Это явление объясняется тем, что грунты на контрольном участке имели относительную влажность в весенний период 0,8-1,0 W_r . Следует отметить, что дренаж обеспечивает оброс избыточной воды и тем самым уменьшает период минимальной прочности грунта в 1,5-2 раза по сравнению с участками без дренажей.

По мере просыхания верхних слоев земляного полотна прочность дорожной одежды увеличивается. Модуль деформации в этот период приближается к величине 600-650 кг/см^2 и сохраняется практически постоянным на протяжении нескольких месяцев.

Осенью в результате выпадения большого количества осадков происходит накопление влаги в грунтах земляного полотна и прочность дорожного покрытия понижается. Следует отметить, что в осенний период положительную роль в увеличении прочности дорожного покрытия играет дренаж, обеспечивающий уменьшение влажности. Период более высокой прочности увеличивается в 2-2,5 раза по сравнению с участками дорог без дренажей.

При устройстве дренажей и гидроизолирующих прослоек достигнуто увеличение прочности дорожного покрытия и коэффициент запаса прочности всегда больше единицы.

Полученные данные изменения прочности дорожных покрытий в зависимости от водно-теплового режима были обработаны и для практического использования выведен коэффициент минимальной прочности - это отношение минимального модуля деформации в весенний период ($E_{\text{весн}}^{\text{min}}$) к модулю деформации в летний период ($E_{\text{летн}}$):

$$K_{\text{min}} = \frac{E_{\text{весн}}^{\text{min}}}{E_{\text{летн}}} \quad (3.16)$$

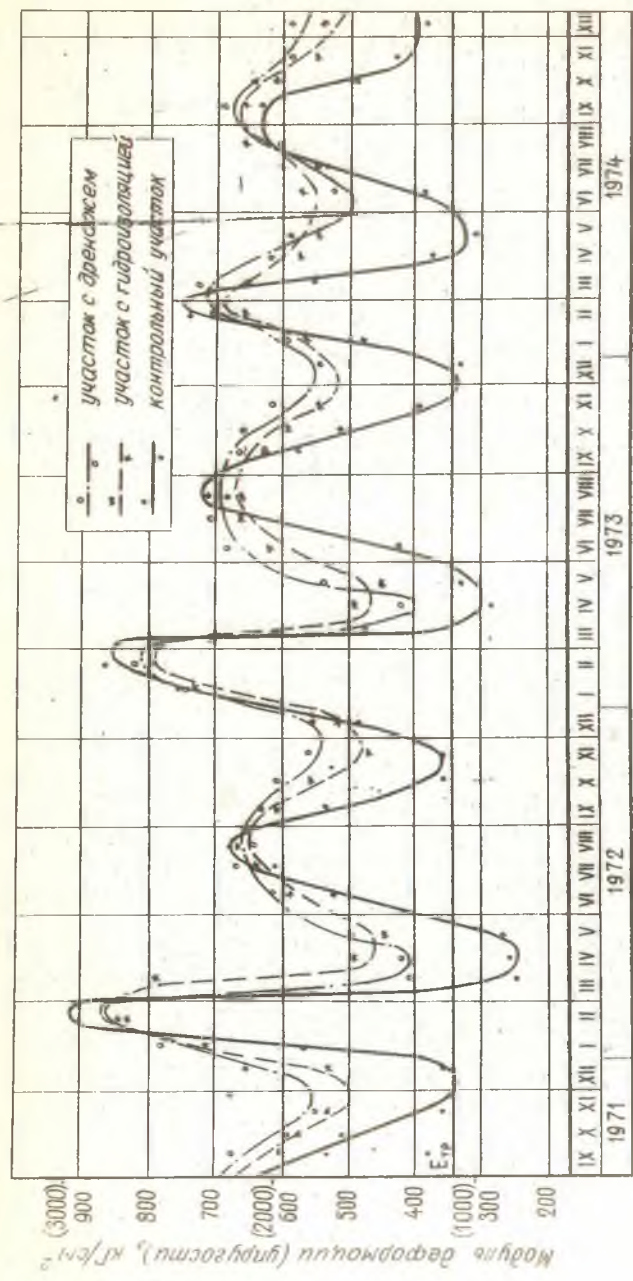


Рис.2. Прочность гравийного покрытия опытных участков автомобильной лесовозной дороги

Значения коэффициента минимальной прочности приведены в табл.3.

Таблица 3

Значения коэффициента минимальной прочности

| Тип местности | Характеристика участка дороги | Коэффициент минимальной прочности |
|---------------|--|-----------------------------------|
| I | Без регулирования водно-теплового режима | 0,7-0,8 |
| | С регулированием водно-теплового режима | - |
| | Без регулирования водно-теплового режима | 0,45-0,55 |
| II | С регулированием водно-теплового режима | 0,65-0,75 |
| | Без регулирования водно-теплового режима | 0,35-0,45 |
| III | С регулированием водно-теплового режима | 0,50-0,60 |

Полученные значения коэффициентов минимальной прочности позволяют прогнозировать прочность дорожных покрытий для наиболее неблагоприятного весеннего периода по результатам измерения прочности в летний период. Сравнивая численные значения коэффициента K_{min} , можно сделать вывод, что величина его возрастает в 1,3-1,5 раза, если дорожное покрытие имеет системы, регулирующие водно-тепловой режим.

Значения коэффициента K_{min} , приведенные в табл.3, получены для дорожных покрытий на участках с регулированием водно-теплового режима при помощи дренажных систем и гидроизолирующих прослоек. Как видно из проведенных исследований, обеспечить требуемую прочность в течение года возможно регулированием водно-теплового режима. Рекомендуемые способы устройства дренажей и гидроизолирующих прослоек дают возможность проектировать более устойчивые и экономичные дорожные одежды с учетом особенностей и условий строительства и эксплуатации автомобильных лесовозных дорог.

ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗРАБОТКИ

Экономическая эффективность внедрения в производство результатов проведенного исследования в соответствии с действующими инструкциями определяется сравнением затрат на строительство и эксплуатацию автомобильных лесовозных дорог без регулирования водно-теплового режима и с его регулированием.

В качестве эталона для оценки экономической эффективности способов регулирования водно-теплового режима принята автомобильная лесовозная дорога II категории. Район строительства — запад II дорожно-климатической зоны.

Технико-экономическим сравнением дорог с регулированием водно-теплового режима и без его регулирования выявлено следующее:

- сметная стоимость строительства I км автомобильной лесовозной дороги с регулированием водно-теплового режима меньше, чем эталонного, за счет снижения стоимости земляного полотна и дорожной одежды;

- затраты труда механической энергии и транспортные расходы значительно ниже при строительстве дорожного дренажа из пластмассовых труб, чем из гончарных;

- автомобильные лесовозные дороги с гидроизолирующими слоями из нестабилизированной полиэтиленовой пленки требуют меньше трудовых затрат и капитальных вложений, чем дороги с грунтобитумными прослойками.

Экономическая эффективность от внедрения рекомендуемых способов регулирования водно-теплового режима составляет (на примере для дорог II-й категории): устройство подквотного дренажа 1,9; устройство продольного дренажа у кромок проезжей части 3,8; устройство гидроизолирующих прослоек; грунто- битумный 1,7, из полиэтиленовой нестабилизированной пленки 2,9; устройство теплоизоляционного слоя из древесных отходов 2,6 тыс.руб. на I км дороги.

Расчеты показали, что только за счет замены гончарного дренажа пластмассовым экономический эффект, выражающийся снижением сметной стоимости строительства составляет более 0,3 тыс.руб. на I км, а транспортные и погрузочно-разгрузочные расходы уменьшаются в 8-10 раз.

Применение нестабилизированной полиэтиленовой пленки для устройства гидроизолирующих слоев по сравнению с грунто-битумными слоями позволяет уменьшить строительные расходы на I км дороги на 1,2 тыс.руб.

Результаты изложенных исследований внедрены и продолжают внедряться в производство при строительстве автомобильных лесовозных дорог Усть-Илимского лесопромышленного комплекса с экономическим эффектом по капитальным вложениям не менее 5,0 тыс.руб. и снижением эксплуатационных расходов на 0,8-1,0 тыс.руб. в год на I км дороги.

ВЫВОДЫ И ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

В результате проведенных теоретических, экспериментально-лабораторных и полевых исследований можно сделать следующие выводы и предложения:

I. Установлено, что районы строительства автомобильных лесовозных дорог Белорусской ССР по гидрологическому районированию относятся к зоне избыточного увлажнения. Это обуславливается преобладанием осадков над испарением и еще тем, что 30% территории занято избыточно увлажненными заболоченными и торфяно-болотными почвами. Около 25% дорог пересекают заболоченные участки. Колебания уровня грунтовых вод имеют два максимума: весенний - продолжительностью 15-25 суток и осенний - до 40 суток. Период переувлажнения грунтов земляного полотна в весенний период составляет 40-60 суток и в осенний - до 80 суток. В эти периоды дорожные конструкции чаще всего разрушаются частично или полностью под воздействием лесовозных автопоездов из-за переувлаженного земляного полотна.

2. На основании многолетних климатических данных метеостанций и данных наблюдений на опытных участках дорог составлена карта изолиний величины и продолжительности осеннего влагонакопления в грунтах земляного полотна для территории БССР. Полученные данные рекомендуются для использования при проектировании способов регулирования влажностного режима автомобильных лесовозных дорог.

3. Предлагается для расчета дорожного дренажа использовать метод "контактных сопротивлений", основанный на определении удельного контактного сопротивления экспериментальным путем. Достоверность предлагаемого метода доказана путем сравнения величины притока воды к дренам, определенного по теоретическим зависимостям и экспериментально - расхождения в величинах составляют от 1,7 до 6,6%.

4. Установлена пригодность гофрированных пластмассовых дренажных труб диаметром 50, 100 мм для строительства дорожного дренажа, а полиэтиленовой нестабилизированной пленки - для устройства гидроизолирующих прослоек. Испытания труб на деформации показали, что укорочение вертикального диаметра при лабораторных исследованиях составило для труб диаметром 50 мм - 4,5% при допустимом 12%. В производственных условиях укорочение вертикального диаметра труб было 6%. Следует отметить, что площадь перфорации пластмассовых труб, применяемых для строительства дорожного дренажа, составляет 8-10 см² на 1 пог.м трубы, что обеспечивает их надежную эксплуатацию.

5. Применение устройств, регулирующих водный режим дорог, позволило уменьшить влажность грунтов земляного полотна в весенний период на 20-25%, а прочность дорожной одежды увеличилась на 30%, что позволяло эксплуатировать автомобильную лесовозную дорогу круглый год.

6. Получены значения коэффициента минимальной прочности дорожной одежды, позволяющие прогнозировать прочность для наиболее неблагоприятного весеннего периода по результатам измерений прочности в летний период. Анализ исследований

значений коэффициентов минимальной прочности показывает, что величина его значительно возрастает на участках с регулированием водно-теплового режима (табл. 3).

7. Результаты серии опытов по промораживанию грунта с гидроизолирующими прослойками, расположенными на различной глубине, позволили определить оптимальную глубину заложения гидроизоляции: для супесчаных грунтов - 40-50, а для суглинистых - 30-40 см.

8. Разработаны расчетные схемы регулирования водно-теплового режима земляного полотна в зависимости от источников увлажнения. Для условий БССР наиболее характерной является I и II расчетные схемы. Расчетные схемы позволяют установить переувлажненные зоны и выбрать способ регулирования водно-теплового режима.

9. Проведенные технико-экономические расчеты показали целесообразность применения пластмассовых дренажных труб и нестабилизированной полиэтиленовой пленки для регулирования водно-теплового режима дорог. Экономический эффект от применения способов регулирования водно-теплового режима с применением пластмассовых материалов составляет для дорог второй категории от 1,6 до 3,8 тыс.руб. на I км дороги.

10. Результаты исследований внедрены на строящихся и проектируемых дорогах Усть-Илимского лесопромышленного комплекса с экономическим эффектом по капитальным вложениям не менее 5 тыс.руб. и снижением эксплуатационных расходов на 0,8-1,0 тыс.руб. в год на I км дороги.

II. Для дальнейшего изучения вопросов регулирования водно-теплового режима дорог необходимо продолжить всесторонние исследования по применению новых материалов, установлению их эффективности, по разработке теоретических методов определения глубины заложения гидроизолирующих слоев, по разработке технологических вопросов, связанных с устройством дренажей, тепло-гидроизоляционных слоев.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах:

1. Регулирование водно-теплового режима земляного полотна автомобильных дорог. Материалы научно-технической конференции БТИ им.С.М.Кирова. Минск, 1970. В соавторстве с Леоновичем И.И., Вырко Н.П., с.167-168.
2. Разработка теоретических основ проектирования дорог и технологических схем автомобильного лесотранспорта для условий БССР. Вопросы прочностных характеристик земляного полотна и их сезонные колебания. Сб.рефератов НИР. Серия 16, №9 (Б026804), 1970, с.30.
3. Проектирование и расчет дренажных устройств. В кн. "Методическое руководство по проектированию и расчету автомобильных лесовозных дорог в условиях БССР". Минск, 1971, с.68-84.
4. Разработка теоретических основ проектирования дорог и технологических схем автомобильного лесотранспорта для условий БССР. Вопросы регулирования водно-теплового режима земляного полотна. Сб.рефератов НИР. Серия 16, №II-12, 1971 (Б104534), с.56.
5. К вопросу регулирования водно-теплового режима земляного полотна. Сб. "Проектирование, строительство и эксплуатация лесовозных дорог". Материалы Всесоюзной научной конференции. Минск, 1972. В соавторстве с Вырко Н.П., с.74-75.
6. Влияние водно-тепловых процессов на параметры земляного полотна и прочность автомобильных лесовозных дорог. Сб. "Проектирование, строительство и эксплуатация лесовозных дорог". Материалы Всесоюзной научной конференции. Минск, 1972. В соавторстве с Леоновичем И.И., Вырко Н.П., с.85-88.
7. Исследование прочности одежд автомобильных дорог и водно-тепловых процессов, протекающих в земляном полотне. Вопросы исследования водно-теплового режима земляного полотна и способов его регулирования. Сб.рефератов НИР. Серия 16, №II-12, (Б187611), 1972, с.44.

8. Повышение прочности дорожных одежд путем регулирования водно-теплового режима. Известия высших учебных заведений. Лесной журнал, №6, Архангельск, 1974. В соавторстве с Леоновичем И.И., с.37-41.

9. Формулы и зависимости для решения дорожных и транспортных задач. Минск, 1974. В соавторстве с Леоновичем И.И. и Вырко Н.П., с.113-114, 199-207.

10. Расчеты систем для регулирования водно-теплового режима автомобильных лесовозных дорог. Тезисы докладов научно-технической конференции аспирантов, соискателей и молодых специалистов лесной промышленности. ЦНИИМЭ, Химки, Московской обл., 1975, с.56-57.

Результаты исследования были доложены на:

- XXXV, XXXVI, XXXVII, XXXVIII, XXXIX, II, III Научно-технических конференциях профессорско-преподавательского состава Белорусского технологического института им.С.М.Кирова. Минск, 1970-1976;

- XXII Научно-технической конференции в Белорусском ордена Трудового Красного Знамени политехническом институте. Минск, 1971;

- Транспортной секции НТО Государственного института по проектированию лесозаготовительных, лесосплавных, деревообрабатывающих предприятий и путей лесотранспорта. Ленинград, 1972, 1974;

- Всесоюзной научной конференции по проектированию, строительству и эксплуатации лесовозных дорог. Минск, 1972;

- III Всесоюзной научно-технической конференции по гидравлике дорожных водопропускных сооружений. Гомель, 1973;

- V Всесоюзной научно-технической конференции аспирантов, соискателей и молодых специалистов лесной промышленности. Химки, 1975.

ЛТ 11982. Подписано к печати: 1992 г. № 766. Бумага 60x88/1716.

Точ. л. 1, 01. Заказ 4901. Тираж 1000 экз. ББК 62.000.

Отпечатано на ротапринте: БТИ им. С. М. Карла, г. Минск,
ул. Свердлова, 13.